PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 25. 15. Dezember 1905. Redaktionsschluß für No. 1 am 17. Dezember 1905. 6. Jahrgang.

INHALT.

Originalmitteilungen:

E. Riecke, Das neue physikalische Institut der Universität Göttingen. S. 881.

J. Stark, Der Doppler-Effekt bei den Kanalstrahlen und die Spektra der positiven Atomionen. S. 892.

H. W. Schmidt, Über den Zerfall von Radium *A*, *B* und *C*. I. S. 897.

R. W. Wood, Die Fluoreszenz des Natriumdampfes und die Resonanzstrahlung der Elektronen. S. 903.

W. Holtz, Über die Umwandlung disruptiver Entladungen in konstanten Strom. S. 911.

C. Steinbrinck, Untersuchung der Kohäsion strömender Flüssigkeiten mittels des Vakuum-Überhebers. S. 911.

Vorträge und Abhandlungen vom ersten internationalen Kongreß zum Studium der Radiologie und Ionisation zu Lüttich:

H. Geiger, Erscheinungen bei sehr starken Strömen in Entladungsröhren. S. 913.

O. W. Richardson, Versuche über die anfängliche positive Elektrizitätszerstreuung von heißem Platin. S. 914.

W. Makower, Über die Methode der Übertragung der „erregten Aktivität" von Radium auf die Kathode. S. 915.

A. de Hemptinne, Über die auf Ionisierungserscheinungen bezügliche Terminologie. S. 918.

Personalien. S. 920.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Das neue physikalische Institut der Universität Göttingen.[1])

(Mit 3 Tafeln.)

Von

E. Riecke[2]),

Direktor der Abteilung für Experimentalphysik.

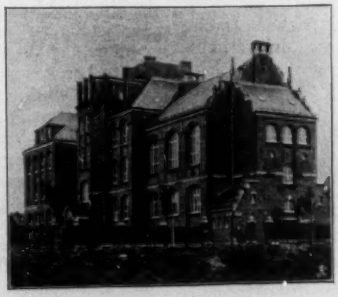
Bei dem Bau und der Einrichtung eines neuen physikalischen Instituts werden die besonderen Erfahrungen und Gewohnheiten der Institutsleiter immer eine sehr wesentliche Rolle spielen. Verlangen kann man nur, daß Bau und Einrichtung so bemessen werden, daß sie auch veränderten Bedürfnissen anzupassen sind. Inwieweit dies bei dem Neubau des Göttinger physikalischen Instituts der Fall ist, inwieweit wir die mannigfachen Anregungen verwertet haben, die uns eine gemeinsam mit dem Leiter des Baues unternommene Studienreise gegeben hat, möge aus der folgenden Beschreibung des Instituts hervorgehen.

Ehe wir damit beginnen, scheint es zweckmäßig, einige Worte über die Organisation des Göttinger physikalischen Instituts voranzuschicken. Das Institut besteht aus 3 Abteilungen: 1. der Abteilung für Experimentalphysik; 2. der Abteilung für theoretische Physik; 3. der Abteilung für angewandte Elektrizitätslehre.

Die beiden ersten Abteilungen sind in demselben Gebäude, dem physikalischen Institute, untergebracht. Der Anteil, den sie an der Lösung der gemeinsamen Aufgabe nehmen, hängt in hohem Maße von der wissenschaftlichen Richtung ihrer Leiter ab. Es schien daher nicht zweckmäßig, jene beiden Abteilungen in dem gemeinsamen Bau von vornherein äußerlich gegeneinander abzugrenzen, vielmehr ist dieser nach einem durchaus einheitlichen Plane entworfen, und erst nachträglich ist eine Einteilung vorgenommen, wie sie den gegenwärtigen Verhältnissen angemessen erscheint.

Der Abteilung für angewandte Elektrizitätslehre ist ein eigener Bau eingeräumt worden. Seine Errichtung verdanken wir einerseits dem weiten Blicke und dem tatkräftigen Entgegenkommen der Kgl. Staatsregierung, andererseits der opferwilligen Unterstützung durch die Göttinger Vereinigung zur Förderung der angewandten Physik und Mathematik.

Der Bau des physikalischen Instituts begann im Frühjahr 1903; das Institut wurde bezogen im Frühjahr 1905. Der Bau des Instituts für angewandte Elektrizitätslehre begann im Herbst 1904; der Unterricht in demselben soll am Anfang dieses Wintersemesters, 1905/1906, eröffnet werden. Der gegenwärtige Leiter des Instituts, Prof. Dr. Simon, wird seiner Beschreibung einen besonderen Aufsatz in dieser Zeitschrift widmen. Die folgende Mitteilung beschränkt sich daher auf die Beschreibung des physikalischen Instituts, des Neubaues für die beiden ersten Abteilungen.



Das neue physikalische Institut der Universität Göttingen.

1) Instituts-Neubauten No. IV. No. I: Gießen 1, 155, 1899; No. II: Stuttgart 3, 23, 1901; No. III: Breslau 6, 194, 1905.

2) Mit Beiträgen von W. Voigt, Direktor der Abteilung für theoretische Physik, und E. Kropp, Regierungs-Baumeister.

I. Allgemeine Einteilung des Neubaues.

Die wissenschaftliche Tätigkeit eines physikalischen Instituts gliedert sich, wie bei anderen naturwissenschaftlichen Instituten, nach 3 Richtungen; sie umfaßt die Vorlesungen, die Übungspraktika und die wissenschaftlichen Arbeiten. Die für die letzteren bestimmten Räume sollen vor äußeren Störungen möglichst geschützt sein, sie sollen feste, erschütterungsfreie Aufstellungen gestatten. Daraus ergibt sich, daß sie vor allem in das Sockelgeschoß und das Erdgeschoß zu legen, daß sie von den Vorlesungs- und Praktikumsräumen, aber ebenso von Werkstätten, Maschinenräumen und dergl. möglichst zu trennen sind. Dementsprechend gliedert sich der Bau, dessen Hauptaxe im wesentlichen west-östlich gerichtet ist, in einen nach Westen der Straße zu liegenden Vorbau und einen nach Osten liegenden von der Straße abgewandten Hauptbau. Der Vorbau enthält im Sockelgeschoß die Werkstätten, die Kessel- und die Kohlenräume der Heizanlage und einen Teil der Heizerwohnung, im Erdgeschoß einen kleineren Hörsaal mit Vorbereitungszimmer und Sammlungsraum, im ersten Stock den großen Hörsaal für die Vorlesungen über Experimentalphysik. Der Hauptbau enthält im Kellergeschoß, Sockelgeschoß, Erdgeschoß und ersten Stock Räume für wissenschaftliche Arbeit, außerdem im Sockelgeschoß die Wohnung, im Erdgeschoß neben der Treppe das Dienstzimmer des Hausverwalters, im ersten Stock Sammlung und Bibliothek; im zweiten Stock befinden sich die Zimmer für die praktischen Übungen. Das Dachgeschoß ist so ausgebaut, daß darin Räume für den Unterricht in physikalischer Handfertigkeit, ein Zimmer für die historische Sammlung, ein für Übungen in Radiologie und Elektronik bestimmtes Zimmer und ein photographisches Zimmer mit Dunkelkammer eingerichtet werden konnten. Über dem Dachgeschoß befindet sich ein zu wissenschaftlichen Zwecken dienendes Turmzimmer. Akkumulatoren- und Maschinenraum liegen außerhalb des Hauptgebäudes in einem Zwischenbau, der mit seinem flachen Dache bis zur Mitte des Erdgeschosses sich erhebt. Vorbau und Hauptbau haben gesonderte Eingänge; der des Vorbaues liegt der Straße zugewandt an der Westseite des Gebäudes; eine an die westliche Außenwand sich lehnende Treppe vermittelt den Zugang zu den Hörsälen; eine Störung der wissenschaftlichen Arbeiten durch die Besucher der Vorlesungen ist daher ausgeschlossen. Die Disposition der Räume im einzelnen ergibt sich aus den Grundrissen der Tafel I.

II. Ausführung des Baues.

Der Neubau des physikalischen Instituts in Göttingen ist nach einem im Ministerium der öffentlichen Arbeiten unter Leitung des Herrn Wirklichen Geheimen Oberbaurat Thür ausgearbeiteten Entwurf ausgeführt worden. Die örtliche Bauleitung lag in Händen des Regierungs-Baumeisters Kropp. Das Gebäude hat bei einer Länge von ca. 53,5 m 830 qm bebaute Fläche und außer dem Kellergeschoß 4 Stockwerke und ein ausgebautes Dachgeschoß. Die Baukosten betragen einschließlich der inneren Einrichtung und der Außenanlagen, jedoch ausschließlich Grunderwerb ca. 353000 Mark. Der Neubau steht auf einer fast ebenen, gleichmäßig starken sehr tragfähigen Kiesschicht, die sich etwa 1 m unter dem Grundwasser befindet. Demnach mußte das ganze Gebäude (sehr zugunsten seiner Standfestigkeit) ein 1 m hohes, gleichmäßiges Betonfundament unter der Kellersohle erhalten. Im Keller war zu Anfang nur ein Raum für konstante Temperatur vorgesehen, sonst sollte er lediglich zur Aufnahme von Rohrleitungen allerart benutzt werden. Später aber ergab sich die Notwendigkeit, Vorratsräume für die Dienstwohnungen im Keller unterzubringen. Da aber das Grundwasser zeitweise bis 30 cm über die Kellersohle anstieg, mußte eine nachträgliche, sehr kostspielige Grundwasserisolierung ausgeführt werden, welche übrigens auch durch gesundheitliche Interessen wegen der im Sockelgeschoß befindlichen Dienstwohnungen gefordert wurde. Zu der Isolierung ist dreifach übereinander geklebtes Papyrol auf 10 cm starker Betonsohle verwendet worden; dieses wurde an der vorher mit Zement geputzten Wand noch ca. 60 cm hochgeführt und mit einer $^1/_2$ Stein starken Ziegelrollschicht übermauert.

Entwurf und Ausführung waren von dem Grundsatz geleitet, alles architektonische Beiwerk möglichst einzuschränken, zugunsten weitestgehender Berücksichtigung aller praktischen Forderungen. Demnach ist das Äußere schlicht in Ziegelrohbau mit sparsamer Verwendung von Sandstein zu einzelnen Architekturteilen ausgeführt. Das Dach ist mit Moselschiefer in deutscher Art gedeckt. Alle äußeren Klempnerarbeiten sind aus Kupferblech hergestellt. Bei dem inneren Ausbau sollte abgesehen von den notwendigen Verankerungen des Gebäudes die Verwendung größerer Eisenmassen tunlichst vermieden werden. Demnach sind die Zwischendecken bei möglichster Vermeidung von I Trägern in den unteren Stockwerken ganz, in den oberen Stockwerken noch teilweise aus Ziegelsteinen oder Beton ohne Eiseneinlagen gewölbt, so z. B. unter dem Experimentiertisch des großen Hörsaales. Die übrigen Zwischendecken

der oberen Stockwerke sowie die Dächer sind durchweg aus Holz konstruiert und zwar sind die Balkenlagen mit 750 (statt 500) kg Gesamtlast pro qm berechnet worden, weisen also sehr große Querschnitte auf. Vollkommen eisenfrei sind nur 2 Räume im I. Stockwerk gehalten. Im übrigen Gebäude sind nur die Heizungs-, Gas- und Druckluftanlagen aus Eisen, die Wasserleitungs- und Entwässerungsanlagen dagegen fast durchweg aus Blei oder Ton hergestellt. Zur Erzielung möglichst erschütterungsfreier Standplätze für feine Meßinstrumente sind in fast allen wissenschaftlichen Arbeitsräumen, sowie in den Hörsälen Festplatten verschiedener Größe aus hartem Sollinger Sandstein teils in den Fußböden angebracht, teils an den Wänden in Tischhöhe eingemauert worden. Aus gleichem Material sind die zahlreichen Wagetische und unteren Platten der Digestorien hergestellt. Als Fußbodenbelag ist in den meisten Arbeitsräumen zwecks möglichster Fugenlosigkeit Linoleum auf Zement- oder Gipsestrich gewählt worden. Nur einzelne Räume haben vollkommen fugenlosen Steinholzestrich neueren Systems (Xylopal auf Dachpappe und dünner Sandschicht) erhalten mit ausgerundeten Sockelleisten aus gleichem Material. Die übrigen Räume haben Eichen- oder Pitsch-Pine-Holzfußboden, die Flur und Aborte Terrazzo oder Fliesenbelag erhalten. Decken und Wände sind durchweg glatt geputzt. Alle Außenfenster sind aus Eichenholz, die Innenfenster und Türen aus Kiefernholz. Zur Verdunkelung dienen teils einfache seitlich übereinander zu ziehende Vorhänge aus Moltonstoff, teils Rollvorhänge in Holzrahmenführungen. Die Rollvorhänge sind bei gewöhnlichen Fenstergrößen aus Wachstuch hergestellt und mit Handbetrieb versehen; bei dem kleinen, dreifenstrigen Hörsaale werden die 2 den Zuhörern zunächst liegenden Fenster mit Hilfe derselben Zugvorrichtung gleichzeitig verdunkelt; bei den großen Hörsaalfenstern sind die Rollvorhänge aus schwarz imprägniertem Segeltuch angefertigt und haben gemeinsamen elektrischen Motorbetrieb. Die Zentralheizung, an welche die beiden Dienstwohnungen nicht angeschlossen sind, ist eine Warmwasserheizung nach System Reck; das Wasser wird dabei indirekt erwärmt mit Hilfe zweier Niederdruckkessel; bei geringer Kälte durch Dampfheizschlangen in dem sogenannten Vorwärmer, bei größerer Kälte durch direktes Einführen des Dampfes. Als Heizkörper sind durchweg glatte Reihenglieder (Radiatoren) verwendet, welche teils in Fensternischen, teils an Innenwänden aufgestellt sind, letzteres namentlich in Arbeitsräumen, um deren wertvolle Fensterplätze nicht zu verlieren. Die Verteilungsleitung liegt im Dachgeschoß, dessen weniger benutzte Räume hierdurch etwas temperiert werden sollen. Nur die Dunkelkammer ist mittels Radiator an die Zentralheizung angeschlossen, da ein leuchtender Heizofen hier ausgeschlossen war. Die Rücklaufleitung liegt im Keller und ist gegen Wärmeverluste isoliert. Einige in der Nähe der Räume für konstante Temperatur befindliche Heizungsrohre sind durch doppelte Seidenzopfisolierung mit Luftschicht möglichst vollkommen gegen Wärmeabgabe geschützt worden. Die Decke jener Räume hat gegen die darüber befindlichen Räume des Sockelgeschosses eine Korkisolierung (unter dem Linoleumbelag) erhalten. Wasserleitung mit je mehreren Zapfhähnen und Ausgußbecken und zwar meist nach dem System March haben fast alle Institutsräume bis ins Dachgeschoß hinein erhalten. Außerdem sind in jedem Stockwerk 1 bis 2 Räume mit einer Regenwasserleitung verbunden, deren Reservoir im Dachboden an höchster Stelle (unmittelbar über dem Expansionsgefäß der Heizung, also in einem stets temperierten Raum) aufgestellt ist. Es wird mittels einer durch einen kleinen Elektromotor getriebenen Saug- und Druckpumpe von der Zisterne aus gespeist. Dieselbe Pumpe kann auch zur Füllung der Kessel und des Rohrsystems der Zentralheizung benutzt werden. An die Wasserleitung sind in verschiedenen Räumen Junkersche Wasserschnellwärmer und kleine Wasserstrahl-Luftpumpen angeschlossen. Auch sind die meisten Digestorien außer mit Gasschlauchhähnen auch mit einem Wasserzapfhahn versehen worden. Gasleitung und zahlreiche Schlauchhähne haben fast alle Räume des Instituts erhalten. In einigen zum Teil auch an die Zentralheizung angeschlossenen Arbeitsräumen sind außerdem Gasöfen aufgestellt worden, um sie auch unabhängig von der Zentralheizung erwärmen zu können.

An baulichen Einrichtungen zur Erleichterung der späteren elektrischen Anlagen verdient erwähnt zu werden, daß im Hauptflur an möglichst zentraler Stelle ein Wandschlitz von 1,75 m Breite und $^1/_2$ Stein Tiefe durch alle Stockwerke ausgespart ist zur Aufnahme der verschiedenen vertikalen Leitungen. Außerdem sind an solchen Stellen, wo zahlreiche horizontale Wanddurchführungen von elektrischen Leitungen vorauszusehen waren, z. B. am Akkumulatorenraum und über allen Türen eine Reihe Lochsteine eingemauert worden, um die späteren Stemmarbeiten möglichst einzuschränken.

III. Beleuchtung der Institutsräume.

Die Korridore und die Nebenräume des Instituts werden im wesentlichen mit Gasflammen beleuchtet, nur zu zeitweiser, rascher Erhellung sind einzelne elektrische Glühlampen

angebracht. Alle übrigen Räume haben nur elektrische Beleuchtung. Zur Erleuchtung der Arbeitsräume und des kleinen Hörsaals dienen Nernstlampen und Glühlampen, der Zuhörerraum des großen Hörsaales wird durch 4 Bogenlampen, der Experimentierraum durch 6 Nernstlampen und 10 Glühlampen beleuchtet. Im kleinen Hörsaal dienen zur Beleuchtung der Sitzreihen 3 Paar Nernstlampen, zu der des Experimentiertisches 3 Nernst- und 4 Glühlampen. Zur elektrischen Beleuchtung ist das Institut an die städtische Zentrale angeschlossen.

IV. Fest aufgestellte Elektromotoren.

Der Strom der Zentrale dient außerdem zum Betriebe der folgenden Motoren, die zu bestimmten Zwecken fest aufgestellt sind.

1. Elektromotor $M1$ mit einer Leistung von 13 PS. und einer normalen Tourenzahl von 1500 in 1 min. Er treibt die im Maschinenraum aufgestellten Dynamomaschinen und einen Luftkompressor; dieser liefert Druckluft mit einer Spannung von 10 Atmosphären.

2. Ein zweiter Motor von 4 PS. bewegt den mit einer Förderhöhe von 16,15 m vom Sockelgeschoß bis zum Dachgeschoß gehenden Aufzug, der zur Beförderung von Personen und von Lasten dient; er ist für eine Nutzlast von 500 kg gebaut, der Fahrkorb hat eine Grundfläche von $1{,}30 \times 1{,}18$ m und Hebelsteuerung, so daß er in jeder Lage festgehalten werden kann.

3. Der dritte Elektromotor (0,5 PS.) treibt eine Pumpe, durch welche das in einer Zisterne sich sammelnde Regenwasser in ein unter dem Dache befindliches Sammelbecken geschafft wird.

4. Zwei weitere Elektromotoren sind in der Werkstätte aufgestellt, der eine mit $^1/_2$ PS. treibt die beiden Drehbänke, der andere mit 1 PS. eine Kreissäge.

5. Endlich werden auch die Verdunklungsvorhänge des großen Hörsaals durch einen Elektromotor auf und ab bewegt.

V. Elektrische Anlage zu Zwecken des Unterrichts und der Forschung.[1])

1. Stromquellen.

Zu Versuchszwecken stehen die folgenden Stromquellen zur Verfügung.

a) Das Netz der städtischen Zentrale, das nach dem Dreileitersystem angeordnet ist. Zwischen dem Mittelleiter und den Außenleitern liegen Spannungen von je 220 Volt. Dies ist auch die Spannung der Netzanschlüsse, die sich in allen Räumen des Instituts befinden; bei einem Teil davon sind die Zuleitungen auf eine maximale Stromstärke von 20 Ampere, bei einem anderen auf eine solche von 6 Ampere berechnet.

b) Drei größere Akkumulatorenbatterieen A, B, C. A und B bestehen aus je 30 Elementen mit einer Kapazität von 108 Amperestunden und einer maximalen Stärke des Entladestromes von 30 Ampere. Die Batterie C enthält 40 Elemente. Sie sollte aus den alten Batterien des Instituts zusammengesetzt werden; aber nach dem Transport erwiesen sich nur noch 20 von den schon 13 Jahre alten Elementen als brauchbar; an Stelle der übrigen wurden 20 neue Elemente von derselben Art wie bei A und B angeschafft. Die Batterie C zerfällt daher in zwei ungleichartige, aus den neuen und aus den alten Elementen bestehende Hälften. Die Kapazität der alten Elemente beträgt 72 Amperestunden, die maximale Stärke des Entladestromes 23 Ampere. In sämtlichen Batterien sind die Elemente zu Gruppen von je 5 vereinigt, die Batterien A und B können auf eine Klemmenspannung von 10, 20, 30 und 60 Volt, die Batterie C auf 10, 20, 40 und 80 Volt geschaltet werden. Die Schaltung geschieht mit Hilfe von Quecksilberschaltern, deren einer durch Fig. 1 dargestellt ist.

c) Die Lokalbatterien a, b, c, d. Zu gleichzeitiger Abnahme von Strömen mit kleinerer Spannung an einer größeren Zahl von Stellen dienen die 4 Lokalbatterien. Sie bestehen aus je 5 Elementen von derselben Art wie bei A und B. Die Lokalbatterien sind mit einem Vierleitersystem verbunden, so daß zwischen dem ersten und zweiten und ebenso zwischen dem zweiten und dritten Draht eine Spannung von 2 Volt, zwischen dem dritten und vierten Draht eine Spannung von 6 Volt liegt.

d) Die Universaldynamo U. Die 2 polige Maschine ist im Maschinenraum aufgestellt und wird durch den Motor $M1$ angetrieben. Bei einer normalen Tourenzahl von 1500 liefert sie bei Gleichstrom 5 K.W. mit einer Spannung von 280 Volt; bei Wechselstrom, Zweiphasenstrom und Dreiphasenstrom betragen die Leistungen beziehungsweise 3,5—5—4,5 K. W., die entsprechenden Spannungen 200, 200, 173 Volt. Die Frequenz der Wechselströme ist gleich 50.

e) Wechselstrom von dem mit Wechselstromringen versehenen Motor $M1$. Bei einer Tourenzahl von 1500 entwickelt der Motor eine Leistung von 7,5 K.W., bei einer Spannung von 300 Volt und einer Frequenz von 50.

f) Hochspannungsbatterieen. Es sind drei mit I, II, III bezeichnete Batterien vorhanden. In allen sind die Elemente zu Gruppen von je 80 vereinigt, sie können daher auf eine Spannung von 160 Volt geschaltet und mit der

1) Ausgeführt von Gebrüder Ruhstrat, Elektrizitätsgesellschaft in Göttingen.

Spannung des städtischen Netzes geladen werden. Batterie I stammt von Klingelfueß, die Batterien II und III von Bornhäuser. Die Batterien I und III bestehen aus je 16 Gruppen und im ganzen aus je 1280 Elementen, die Batterie II aus 20 Gruppen mit 1600 Elementen.

g) Hochspannungsdynamo. Eine letzte Stromquelle ist endlich durch eine im Maschinenraum aufgestellte Hochspannungsmaschine gegeben. Bei einer Tourenzahl von 1200 und bei Erregung der Feldmagnete durch die 220 Volt-Spannung des städtischen Netzes erzeugt sie eine Spannung von 3000 Volt mit einer maximalen Stromstärke von 1 Ampere.

2. Die Verteilung der Ströme mit Niederspannung und die Verteilungsschalttafeln.

Die Leitungen für Niederspannung bilden zwei voneinander getrennte Systeme; das eine

Fig. 1.

ist das System der Starkstromleitung für die Akkumulatorenbatterien *A*, *B*, *C*, die Universaldynamo *U* und die Wechselströme des Motors *M* 1. das zweite ist das Vierleitersystem der Lokalbatterien.

a) Die Starkstromleitung für die Stromquellen *A*, *B*, *C*, *U* und *M* 1. Zur Verteilung der von diesen Quellen kommenden Ströme sind sämtliche Räume des Instituts in 8 Gruppen geteilt; bei der Teilung waren die Lage und der zu erwartende Stromverbrauch der einzelnen Räume maßgebend.

Die Verteilung der Stromquellen auf diese Gruppen I—VIII erfolgt mit Hilfe der Verteilungsschalttafel, die auf Tafel II in der schematischen Übersicht des ganzen Netzes mit gezeichnet ist. Die Pole der vorhandenen Stromquellen sind verbunden mit Steckkontakten der ersten Horizontalreihe, die Kontakte der ersten Vertikalreihe sind verfügbar für etwa noch hinzukommende Stromquellen. Die Kontakte des übrig bleibenden Rechteckes verteilen sich auf die Zimmergruppen. Die Zahl der einer Gruppe zugewiesenen Kontakte hängt ab von der Bestimmung der zugehörigen Räume. Die Verbindungen erfolgen mit Hilfe von Stöpselschnüren.

Die Gruppenschalttafeln. Die Verteilung des Stromes auf die einzelnen Zimmer einer Gruppe erfolgt mit Hilfe von 8 Gruppenschalttafeln, die auf Tafel II in schematischer Weise gezeichnet sind. Von den Kontakten einer bestimmten Gruppe auf der Verteilungsschalttafel führen Drähte nach entsprechenden Kontakten der Gruppenschalttafel; diese Kontakte liegen in den beiden oberen Horizontalreihen der Tafel. Von der Gruppenschalttafel

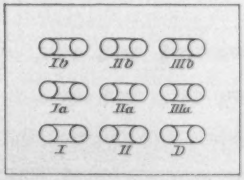


Fig. 2.

führen Drähte nach den verschiedenen Zimmern der Gruppe; die ihnen entsprechenden Kontakte liegen in den unteren Reihen der Tafel. Dabei ist das Prinzip festgehalten, daß alle einzelnen im Institut verlegten Leiter von 1 an durchgezählt sind. Alle freien Enden eines und desselben Leiters sind mit der ihm zugehörigen Nummer bezeichnet. Steckkontakte der Verteilungsschalttafel und einer Gruppenschalttafel, die durch einen Draht verbunden sind, tragen also dieselbe Nummer, ebenso die Anschlußkontakte in den Zimmern und der damit verbundene Steckkontakt der Gruppenschalttafel. Die Zählung ist so vorgenommen, daß bei einem Paare zusammengehörender Leiter die ungerade Nummer links, die gerade rechts steht. Die Verbindungen werden so gemacht, daß in den Zuleitungen der Ströme die negativen Pole immer links, die positiven rechts liegen. Jedem Gruppenkontakte der Verteilungsschalttafel entsprechen in der Gruppenschalttafel zwei übereinanderliegende mit derselben Zahl versehene Steckkontakte; dadurch ist es ermöglicht, dieselbe Stromquelle in zwei

verschiedenen Zimmern einer Gruppe gleichzeitig zu verwenden.

b) Die Verteilung der Lokalströme. Die im Akkumulatorenraum aufgestellten Lokalbatterien *a* und *b* liefern Strom für die Gruppen I, II, III und IV; die im ersten Stock befindlichen Batterien *c* und *d* für V, VI, VII und VIII. Von den Batterien *a* und *b* führen in der schon angegebenen Weise Vierleiter nach einer Lokalschalttafel (*a*, *b*), die auf Tafel II in schematischer Weise gezeichnet ist. Auf ihr befinden sich in den beiden oberen Horizontalreihen, vertikal übereinander liegend, Doppelkontakte für die von *a* und *b* kommenden Vierleiter, in den unteren Horizontalreihen die entsprechenden 4 Kontakte für jede der Zimmergruppen I, II, III und IV. Es ist also möglich, ein und dieselbe Lokalbatterie nach zwei verschiedenen Gruppen gleichzeitig zu schalten, oder beide Batterien hintereinander oder parallel geschaltet in einer Gruppe zu benutzen. Die Verteilung

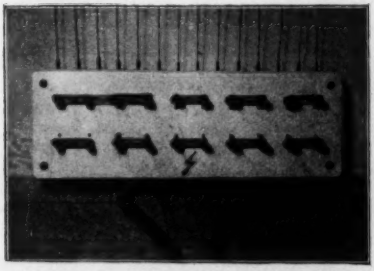


Fig. 3.

der von den Batterien *c* und *d* gelieferten Ströme erfolgt natürlich in derselben Weise. Endlich mag noch erwähnt werden, daß die Batterien *c* und *d* auch an das in dem vorhergehenden Abschnitte beschriebene Verteilungsschaltbrett zu legen sind. Von dort aus können sie für sich allein oder zur Verstärkung der Batterien *A*, *B* und *C* nach jeder der 8 Gruppen geschaltet werden.

3. Die Hochspannungsleitung.

Die Anlage der Hochspannungsleitung ist dadurch bestimmt, daß die Batterien I und II im Erdgeschoß, die auf 2 Schränke verteilte Batterie III im ersten Stock aufgestellt sind. Die Batterien I und II versorgen zunächst das Sockelgeschoß und das Erdgeschoß mit Spannung. Zu diesem Zwecke sind die in Betracht kommenden Räume in zwei Gruppen geteilt. Die Verteilung erfolgt mittels einer Verteilungs- und zweier Gruppenschalttafeln. Das Schema der ersteren gibt Fig. 2. Die Kontakte der unteren Horizontalreihe sind mit den Polen der Batterien I und II und mit den Polen der Hochspannungsdynamo verbunden. Darüber befinden sich Kontakte von Doppelleitungen nach den Gruppenschalttafeln. Es können also den Gruppen gleichzeitig und unabhängig die Spannungen der Batterien I und II zugeführt werden.

Die Batterie III mit ihren Hälften III*A* und III*B* ist zunächst zur Benutzung im ersten Stockwerk bestimmt. Die einfache, hierbei dienende Schalttafel ist durch Fig. 3 dargestellt. Vier Kontakte der unteren Horizontalreihe sind mit den Polen der Batteriehälften III*A* und III*B* verbunden; die übrigen führen zu den

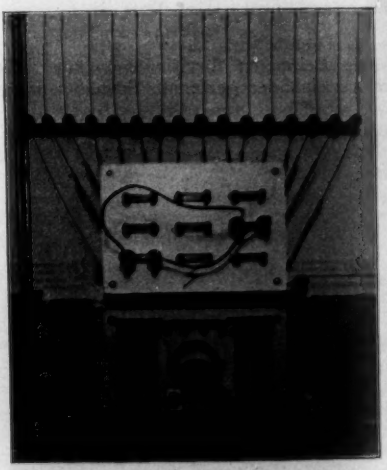


Fig. 4.

Zimmern des ersten Stockes. Außerdem aber ist die Schalttafel mit der Verteilungsschalttafel im Erdgeschoß durch zwei Leitungen verbunden, die gleichfalls mit III*A* und III*B* bezeichnet sind. Mit ihrer Hilfe kann man die Batteriehälften III*A* und III*B* an die Verteilungsschalttafel legen, was die Ladung wesentlich vereinfacht, man kann aber auch mit Hilfe dieser Verbindungen die mit der Verteilungsschalttafel direkt verbundenen Hochspannungen im ersten Stocke benutzen.

4. Die Ladeschalttafeln.

a) Ladung der Akkumulatorenbatterien mit Niederspannung *A*, *B*, *C* und *a*, *b*, *c*, *d*. Die erforderlichen Schaltungen sind mit Hilfe der Ladeschalttafel (Tafel III) auszuführen.

Die Pole der einzelnen Batterien sind mit

den unter den Buchstaben A, B, C, a, .. gezeichneten Kontaktpaaren verbunden. Diese sind zugleich Drehungspunkte von Hebelumschaltern, die der Einfachheit halber mit denselben Buchstaben bezeichnet werden sollen. Legt man die Umschalter alle nach oben, so sind sämtliche Batterien hintereinander geschaltet. Man kann aber auch beliebige Batterien ausschalten, indem man den zugehörigen Schalthebel offen läßt und die entstehende Lücke durch ein Kurzschlußstück überbrückt. Die Pole der städtischen Spannung von 220 Volt liegen bei s_1 und s_2. Zum Zwecke der Ladung muß man die Batterien auf eine angemessene Spannung schalten; man legt dann den Hebelumschalter H nach unten und schließt den Strom mit Hilfe des Schalters h_1. Der Strom geht durch ein Amperemeter, einen Regulierwiderstand und

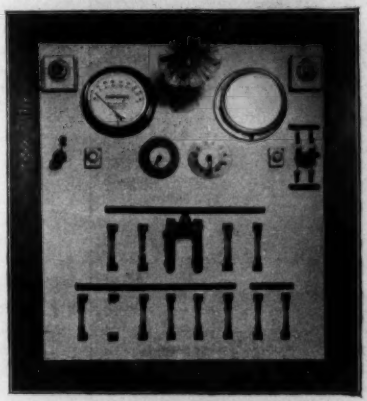


Fig. 5.

einen Minimalausschalter. Die Spannungen der Batterien werden mit einem auf der Schalttafel angebrachten Voltmeter und mit Hilfe eines Voltmeterumschalters gemessen.

Die Ladeschalttafel gibt aber auch die Möglichkeit, die Lokalbatterien mit Hilfe der Batterien A, B oder C zu laden. Die Pole der Lokalbatterien sind verbunden mit den Kontakten (201, 204) — (205, 208) — (225, 228) — (229, 232). Mit Hilfe von Stöpselschnüren können die Lokalbatterien hintereinander auf eine Spannung von 40 Volt geschaltet werden. Legt man die Hebelumschalter A und B nach unten, die Umschalter E und F nach oben, so sind die Pole der Batterien A und B verbunden mit den Kontakten (1,2) und (3,4). Schaltet man die Batterien einzeln auf 30 Volt, so geben sie durch Verbindung von 2 und 3 die Spannung von 60 Volt zur Ladung der Lokalbatterien. Um zu laden verbindet man die Kontakte 1 und l, m und 201, 232 und 4 durch Stöpselschnüre. Legt man den Hebelumschalter H nach oben, so ist der Strom geschlossen und geht wieder durch Amperemeter, Regulierwiderstand und Minimalausschalter. Außer zum Laden dient die Ladeschalttafel aber noch zu zwei anderen Zwecken. Einmal werden dadurch, daß die Umschalter A, B, C nach unten, E, F, G nach oben gelegt werden, die Pole der Batterien A, B, C mit den Kontakten (1,2) — (3,4) — (5,6) und mit den zugehörigen Kontakten der Verteilungsschalttafel verbunden; es sind also erst jetzt die Batteriespannungen an die Verteilungsschalttafel gelegt. Zweitens können dadurch, daß die Umschalter $A — d$ und die Umschalter $E — h$ alle nach unten gelegt werden, sämtliche Gruppen von je 5 Elementen parallel an zwei Schienen gelegt werden, die von der Schalttafel aus nach den Hörsälen gelegt sind. Man kann dann Ströme von etwa 500 Ampere den Schienen entnehmen.

b) Ladung der Hochspannungsbatterien. Die Ladeschalttafel befindet sich im Erdgeschoß unter der Verteilungsschalttafel. Eine Ansicht beider Tafeln gibt Figur 4. Der Nullleiter und der eine Außenleiter des städtischen Netzes sind mit zwei Kontakten der Ladeschalttafel verbunden. Man verfügt also über die Spannung von 220 Volt. Außerdem befindet sich auf der Tafel ein Amperemeter und ein Regulierwiderstand.

5. Die Schalttafel des Maschinenraums.

Eine Ansicht davon gibt Fig. 5, eine schematische Zeichnung findet sich auf Tafel II. Schließt man den in der Mitte der Schalttafel befindlichen Schalthebel, so werden die Wicklungen des Motors $M1$ mit den Außenleitern des städtischen Netzes verbunden, der Motor wird angetrieben mit der Spannung von 440 Volt. Die Wechselstromringe des Motors sind verbunden mit Kontakten der Verteilungsschalttafel.

Der auf der rechten Seite der Schalttafel befindliche zweipolige Hebelumschalter liegt im Kreise der Universaldynamo; wird der Hebel nach unten gedreht, so liegt die Wickelung des Dynamoankers im Nebenschluß zu den Wickelungen der Feldmagnete, die Dynamo liefert Gleichstrom. Wird der Hebel nach oben gelegt, so werden die Wickelungen der Feldmagnete mit dem Nullleiter und dem einen Außenleiter des städtischen Netzes verbunden. Die Feldmagnete werden durch den einer elektromotorischen Kraft von 220 Volt entsprechenden

Strom erregt, die Dynamo liefert Wechsel- oder Phasenstrom.

Mit Hilfe des auf der linken Seite der Schalttafel angebrachten einpoligen Schalthebels wird ein aus dem Nullleiter des städtischen Netzes, den Magnetwicklungen der Hochspannungsdynamo und dem zweiten Außenleiter gebildeter Kreis geschlossen. Die Feldmagnete der Hochspannungsdynamo werden dann ebenfalls mit einer elektromotorischen Kraft von 220 Volt erregt.

VI. Der große und der kleine Hörsaal.

Der große Hörsaal für die Vorlesungen über Experimentalphysik liegt, wie schon erwähnt wurde, in dem westlichen Vorbau des Instituts; seine Achse ist ost-westlich gerichtet; er hat eine Länge von 12 m, eine Breite von 12 m, eine Höhe von 6 m. Licht erhält er durch je 3 Fenster in der südlichen und in der nördlichen Wand. Der Saal bietet Raum für 150 bis 170 Zuhörer. Der Experimentierraum, Fig. 6, nimmt den östlichen Teil des Saales ein; er hat eine Gesamtbreite von 4 5 m; die Breite hinter den Experimentiertischen beträgt 1,2 m, die des Raumes vor den Tischen 2,3 m; die Bezeichnungen „vor" und „hinter", „rechts" und „links" sind, der Figur entsprechend, so zu verstehen, wie sie sich vom Standpunkte des Zuhörers aus ergeben. Die Tischbreite ist 1 m. Die 4 Tische sind symmetrisch zu der Achse des Saales aufgestellt. Ihre Zwischenräume sind durch eingelegte Bretter zu überbrücken. In den Zwischenraum zwischen den mittleren Tischen können auf Schienen schwerere Apparate, ein hydraulisches Becken, ein großer Elektromagnet eingeschoben werden.

Entlang der vorderen und der hinteren Seite der Tische laufen im Fußboden zwei Kanäle, die mit Eisenplatten überdeckt sind. In den hinteren Kanal ist die Gas- und Wasserleitung zum Tische verlegt; außerdem ein von einer Wasserstrahlpumpe kommendes Rohr. In dem vorderen Kanale liegen 6 elektrische Leitungen, von denen je eine nach den beiden äußeren, je zwei nach den beiden mittleren Tischen führen.

Diesseits des vorderen Kanals liegen auf einem gewölbten Bogen 3 Steinplatten zum Zwecke fester Aufstellungen.

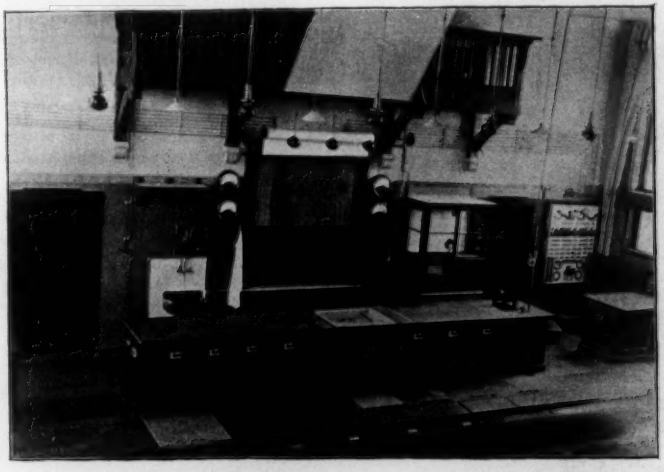


Fig. 6.

In einem Schachte, der zwischen der mittleren Steinplatte und den Sitzen der Zuhörer liegt, mündet eine von dem Luftkompressor (vergl. IV, 1) kommende Leitung. Ein zweiter möglichst nahe an dem linken Experimentiertisch liegender Schacht vermittelt den Anschluß an die in dem Abschnitte V, 4 erwähnte Schienenleitung für 500 Ampère.

An der Decke des Hörsaals befinden sich Klappen, durch welche hindurch Gegenstände von dem über dem Saale befindlichen Boden aus aufgehängt werden können. Zu gleichen Zwecken dient die an der Hinterwand angebrachte, vom II. Stocke aus zugängliche Galerie. Von den Türen, welche die Hinterwand durch-

brechen, führt die rechts nach dem Vorbereitungszimmer und weiter nach der Sammlung, die links zu dem Zimmer des Direktors. In der Mitte der Wand befinden sich zwei unabhängig voneinander auf- und abzuschiebende Tafeln. Sie verdecken für gewöhnlich einen hinter der Wand befindlichen Raum, in dem der große Elektromagnet, das hydraulische Becken und andere Apparate untergebracht sind, der aber auch, insbesondere in der Optik, zu Versuchszwecken mit verwandt wird. Zu Projektionszwecken dienen zwei Rollvorhänge, von denen einer über der Tafel, der andere in der rechten Ecke an der Decke angebracht ist; außerdem kann mit Hilfe eines Reflexionsspiegels das Bild der zu projizierenden Gegenstände auf einen Schirm geworfen werden, der an der Galerie nach unten geneigt befestigt ist. An der südlichen Außenwand des Hörsaales befindet sich ein kleiner Balkon. Auf diesem kann ein Heliostat aufgestellt werden, der das Sonnenlicht über die Mitte der Experimentiertische hin in schicklicher Höhe reflektiert.

Der rechts von der Tafel befindliche Abzug dient gleichzeitig als Trockenschrank bei elektrostatischen Versuchen; in den davor stehenden Tisch ist eine durch Gasflammen zu heizende Steinplatte eingelassen.

Seitlich von den Türen sind an der Hinterwand des Saales zwei Schalttafeln angebracht. Die in der Figur nicht sichtbare auf der linken Seite trägt die Schalthebel für die Beleuchtungskörper, einen Widerstand zur Regulierung der Helligkeit der Glühlampen und einen Hebelumschalter; durch ihn wird der Elektromotor in Tätigkeit gesetzt, der die Verdunklungsvorhänge abwärts oder aufwärts bewegt.

Die Schalttafel auf der rechten Seite ist ausschließlich für den Gebrauch bei Experimenten und Demonstrationen in der Vorlesung bestimmt. Sie trägt in zwei Horizontalreihen übereinander Doppelkontakte, die mit entsprechenden Kontakten der Gruppenschalttafel V verbunden sind (vergl. hierzu die schematische Darstellung von Tafel II); mit Hilfe der letzteren können die Pole der verschiedenen Stromquellen mit der Hörsaalschalttafel verbunden werden. Nur die Spannung des städtischen Netzes mit zweimal 220 Volt ist direkt an die Schalttafel des Hörsaales gelegt. Von dieser führen nach den Vorlesungstischen 6 voneinander unabhängige Leitungen, je eine nach den äußeren, je zwei nach den mittleren Tischen. Mit Hilfe der Steckkontakte der Schalttafel kann jede Stromquelle mit jeder dieser Leitungen verbunden werden. Die zur Messung von Strom und Spannung dienenden Volt- und Amperemeter sind zu beiden Seiten der Tafel angebracht, links die Gleichstrom-, rechts die Wechselstrominstrumente. Bei Gleichstrom beträgt die maximale zu messende Stromstärke 50 Ampere, die maximale Spannung 250 Volt, die entsprechenden Zahlen für Wechselstrom sind 30 Ampère und 300 Volt. Zu Messungszwecken dienen 4 Kurbelrheostaten mit im ganzen 121 Ohm. Die Kurbelschalter nehmen die oberste Fläche der Schalttafel ein. Feinere Regulierung wird durch zwei in den unteren Ecken der Tafel angebrachte Schieberrheostaten ermöglicht, der eine mit 2,1 Ohm Widerstand ist für Ströme bis zu 30 Ampere berechnet, während der andere mit einem Widerstand von 28 Ohm noch für Ströme von 4 Ampere zu benutzen ist. Mit Hilfe von Voltmeterumschaltern kann die Spannung zwischen zwei beliebigen Steckkontakten der Tafel gemessen werden. Die Zuleitungsdrähte für Hochspannung sind an der Galerie befestigt.

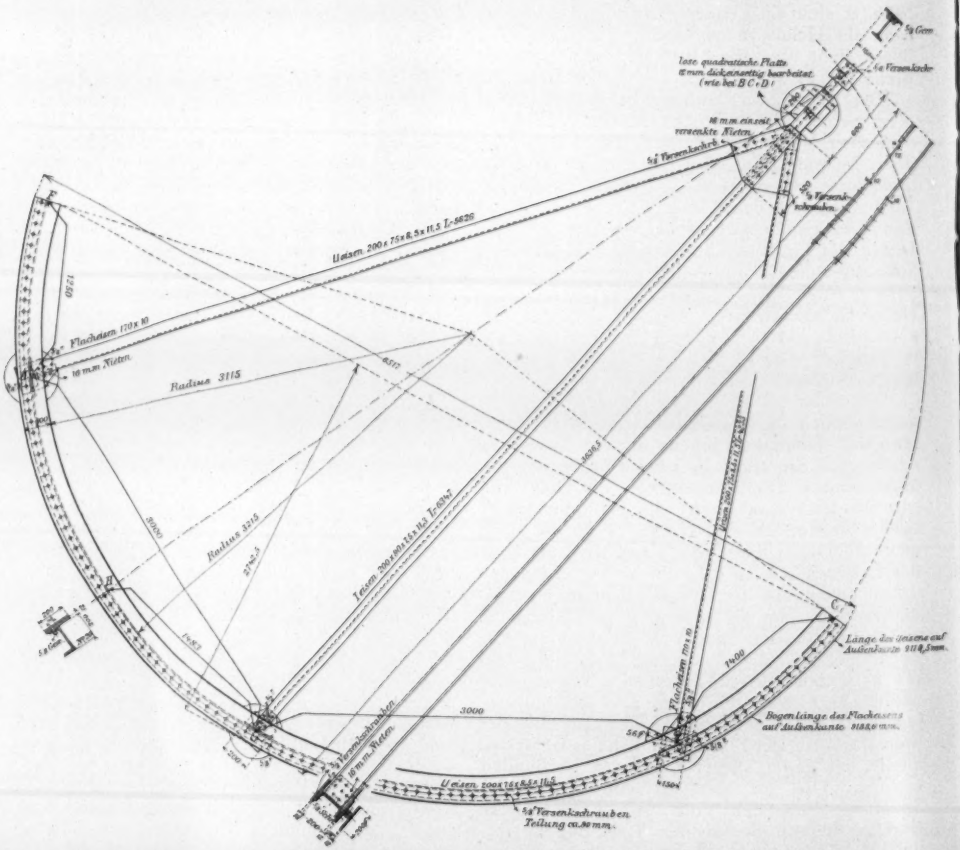
Der kleine Hörsaal ist für Vorlesungen über spezielle Gebiete der Experimentalphysik und auch über Kapitel der theoretischen Physik, welche Demonstrationen erwünscht machen, bestimmt. Er liegt unter dem großen Hörsaal, nimmt aber bei einer Länge von 12 und einer Breite von 7 m nur die größere nördliche Hälfte von dessen Fläche ein. Feste Sitzplätze sind in der Zahl von 62 auf einer bis 1 m ansteigenden Stufenreihe vorhanden, doch gestattet der Raum, weitere 12 Plätze anzubringen. Der Saal hat 3 große nach Norden gelegene Fenster. Eine Tür mündet in das Vorbereitungszimmer, eine zweite in den Korridor des Laboratoriums; der Eingang für die Hörer befindet sich hinter der letzten, höchsten Sitzreihe. Der Experimentiertisch besitzt eine Länge von 4,3 m, eine Breite von 1 m; er ist, ebenso wie die Tische des großen Hörsaals mit Zuführung von Gas und Wasser, mit den nötigen Abflüssen und mit einer Heizplatte versehen. Ein hydraulisches Becken, für gewöhnlich mit einer Holzplatte überdeckt, befindet sich in der Mitte des Tisches. Für Zuführung von Strom und Spannung ist ganz ebenso gesorgt, wie in dem großen Hörsaale; auch das Schaltbrett ist dem des großen Hörsaales nachgebildet, nur sind die zur Einschaltung der Beleuchtungskörper dienenden Hebel auf derselben Tafel angebracht, wie die zu der Experimentierleitung gehörenden Apparate. Zwei Rheostaten sind stetig bis zu 2, respektive 28 Ohm, zwei andere sprungweise bis zu 10 respektive 100 Ohm veränderlich. Das Voltmeter reicht bis 300 Volt, das Amperemeter bis 30 Ampere. Anschlüsse an die Starkstrom- und die Druckluftleitung sind vorhanden. Zur Projektion dient ein Winkelscher Apparat, der auf einem Wandbrette am ersten Fensterpfeiler aufgestellt ist, hoch genug um den Verkehr nicht zu hindern; der zugehörige Schirm, der von der Decke abgerollt wird, mußte des beschränkten Raumes wegen leider so ange-

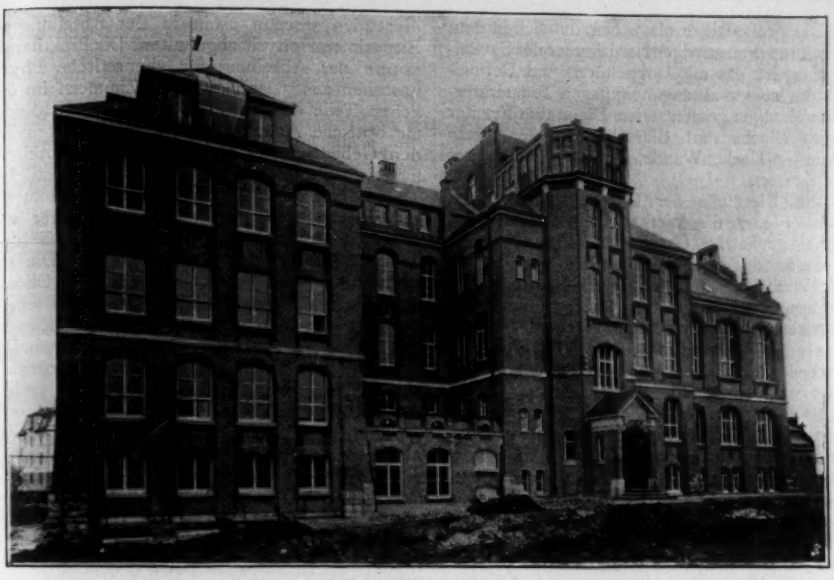
bracht werden, daß die Hörer durchschnittlich unter dem Winkel von 45^0 auf ihn sehen.

VII. Räume für wissenschaftliche Arbeit.

Die Räume sind geteilt zwischen den beiden Abteilungen des Institutes. Die Abteilung für theoretische Physik besitzt auf der östlichen Seite des Sockelgeschosses 3 Räume; bei den in der nordöstlichen Ecke liegenden ist der Fußboden erhöht, so daß darunter im Kellergeschoß noch ein Raum für konstante Temperatur für dieselbe Abteilung eingerichtet werden konnte. Im Erdgeschoß gehören ihr, außer dem Dienstzimmer des Direktors, noch 4 zweifenstrige Zimmer auf der Südseite des Gebäudes, ein einfenstriges nach Norden zu neben dem kleinen Hörsaale. Die Abteilung für Experimentalphysik besitzt im östlichen Teil des Erdgeschosses 4 zusammenliegende Räume, ein zweifenstriges Zimmer nach Süden, ein einfenstriges nach Osten, ein dreifenstriges und ein einfenstriges Zimmer nach Norden. Auch die darüber liegenden Räume des I. Stockes gehören der Abteilung für Experimentalphysik; die nach Norden liegenden sind zu einem größeren Experimentiersaale vereinigt. Außerdem hat die Abteilung noch ein kleineres Zimmer im I. Stocke neben dem Treppenhause und das über dem Dachgeschosse liegende Turmzimmer zur Verfügung.

Die Beobachtungsräume sind mit Zuführung von Gas, Wasser und Druckluft, mit Leitungen für elektrischen Strom und elektrische Hochspannung in einer ihrer besonderen Bestimmung entsprechenden Weise ausgerüstet.





Zu Zwecken der Beobachtung dient auch eine über dem Treppenhause des Hauptbaues befindliche durch das Turmzimmer zugängliche Plattform. Einen eigentlichen Turm besitzt das Institut nicht, wohl aber befindet sich über dem sogenannten Turmzimmer eine zweite, den Dachfirst um 7,7 m überragende Plattform, die von den beiden inneren Längsmauern des Gebäudes getragen wird. Ihre Höhe über dem Erdboden beträgt 23 m. Soweit der Turm zu Versuchen dient, bei denen eine große Höhe zur Verfügung stehen muß, wird er durch den neben dem Aufzuge im Treppenhaus des Hauptbaues liegenden Schacht ersetzt. Seine Höhe beträgt von dem etwa in der Höhe des Erdbodens liegenden Boden bis zu der in der mittleren Höhe des Dachgeschosses liegenden Decke 16,4 m. Suspensionsdrähte können durch Löcher in der Decke des Schachtes herabgelassen werden. Für einen davon ist die disponible Höhe auf 20 m vergrößert dadurch, daß vertikal über demselben auch die das Treppenhaus abschließende Plattform durchbrochen ist, so daß die Suspensionen von dort aus gemacht werden können. Beobachtungen können in jeder beliebigen Höhe vom Fahrstuhle aus angestellt werden mit Hilfe eines auf seiner Rückseite befindlichen Schiebefensters.

VIII. Die Gitteraufstellungen.

Bei der ungemein großen Bedeutung, welche die Spektralbeobachtungen bekommen haben, war eine erstklassige Gitteraufstellung ein dringendes Bedürfnis. Aber die recht knapp bemessenen Mittel für die instrumentelle Ausrüstung des Instituts hätten dergleichen nicht gestattet. Wenn wir uns trotzdem jetzt zweier schöner Einrichtungen erfreuen, so verdanken wir dieselben dem freundlichen Zusammenwirken mehrerer Gönner des Institutes.

Die kleinere, bewegliche Anlage befindet sich in dem zweifenstrigen Südzimmer des Sockelgeschosses und benutzt Plangitter, von denen durch die Güte des Herrn Kommerzienrat Dr. Hauswaldt in Magdeburg dem Institut drei Rowlandsche von rund 4. 8, 11 cm Breite leihweise zur Verfügung stehen. Die Anlage ist in erster Linie zum Studium der Vorgänge bestimmt, welche den inversen Zeeman-Effekt im Spektrum begleiten, Vorgänge, für die der eine von uns die Theorie gegeben hat und für deren Beobachtung Konkavgitter ihres Astigmatismus wegen nicht besonders geeignet sind.

Das Plangitter wird benutzt in Verbindung mit einem Kollimator und einem Rezeptor von 10 cm Öffnung, ersterer von 130 cm, letzterer von 285 cm Brennweite. Die Objektive sind von Heele-Berlin aus Ultraviolett-durchlässigem Glas hergestellt, um photographische Aufnahmen außerhalb des sichtbaren Spektrums zu gestatten. Die große Länge des Rezeptors ist gewählt um Photogramme in einer Größe zu erhalten, daß bei der Ausmessung das Korn des Negativs nicht wesentlich stört.

Die große Gitteranlage befindet sich in dem gewölbten dreifenstrigen Nordzimmer des Sockelgeschosses, das mit Doppeltüren und Doppelfenstern so gut als angängig gegen Temperaturschwankungen geschützt ist. Die innern Fenster tragen Bleche statt Glasscheiben, der ganze Raum — Decke, Wände, Boden — ist tief rot ausgestattet.

Die Eisenteile der Gitteraufstellung, von denen Fig. 7 die Werkzeichnung wiedergibt, sind ein großartiges Geschenk der Firma Krupp-Essen an das Institut. Das freie Ende A des I-Schienensystems liegt in einer Nische in der Nordostecke des Zimmers fest auf und trägt auf einer ebenen horizontalen Fläche das 14 cm Rowland-Konkavgitter, das, ein Eigentum unseres Kollegen Runge, von diesem im Institut zu wissenschaftlicher Benutzung aufgestellt ist. Die gegenüberliegenden Enden B, C, D des Schienensystems ruhen auf eisernen Rollen, die ihrerseits auf horizontalen von aufgemauerten Pfeilern getragenen Eisenplatten rollen können. Sie gestatten den Schienen bei etwaigen Temperaturänderungen die spannungsfreie Ausdehnung. Mit den drei Schienen ist ein nach einem Halbkreis vom Radius 325 cm gebogener [Träger verbunden, auf den ein halbkreisförmiger ebener Ring aufgeschraubt ist. Seine sorgfältig abgedrehte obere Fläche ist zur Aufnahme der Kamera für photographische Aufnahmen bestimmt, die sich über die ganze Länge des Kreisbogens erstrecken werden.

Die Lichtquelle — also bei Beobachtungen über den direkten Zeeman-Effekt auch der Elektromagnet — findet ihren Platz in dem nach Osten liegenden Vorraume und sendet ihr Licht durch eine Öffnung in der Wand, die durch geeignete Schieber beliebig zu verkleinern ist, nach dem großen, symmetrisch zu öffnenden Spalt, der sich auf der Kreisringplatte der Gitteraufstellung befindet. Die Verhältnisse sind so gewählt, daß in dem Spektrum erster Ordnung die Wellenlängen von 200 bis 1700 $\mu\mu$ auf den Kreisring resp. in die Kamera fallen, für die zweite und dritte Ordnung entsprechend die von der Hälfte resp. einem Drittel.

IX. Die Praktikumsräume.

Bei der Einteilung der Praktikumsräume kommt in Betracht, daß die physikalischen Übungen gesondert für Mathematiker und Physiker einerseits, für Chemiker und Studierende der Naturwissenschaften andererseits abgehalten werden. Der Unterricht der ersteren ist beiden Abteilungen des Instituts gemeinsam, und zwar so, daß Mechanik und Elektrizität der Abteilung für Experimentalphysik, Optik und Wärme der für theoretische Physik zufallen. Die Übungen der zweiten Kategorie von Studierenden werden allein in der Abteilung für Experimentalphysik abgehalten. Die Praktikumsräume der Abteilung für theoretische Physik bestehen aus 3 dreifenstrigen Zimmern im östlichen Teile des Gebäudes; zwei davon dienen für optische Arbeiten, einer für Arbeiten aus dem Gebiete der Wärmelehre. Zu der Abteilung für Experimentalphysik gehört im westlichen Teile des Baues ein zweifenstriger Raum für galvanische Arbeiten, ein zweifenstriger und ein dreifenstriger für Arbeiten auf dem Gebiete der Mechanik und der Wärmelehre. Die optischen Übungen der Studierenden der Chemie und der Naturwissenschaften werden in einem einfenstrigen nach Süden gelegenen Zimmer und auf dem sonst von der Abteilung für theoretische Physik hierzu mit verwandten Korridore abgehalten. Ein zweites einfenstriges isoliert im östlichen Teile des Gebäudes liegendes Zimmer dient vorzugsweise zu Beobachtungen mit Telephon.

Für den Unterricht in physikalischer Handfertigkeit ist, wie schon erwähnt, ein Zimmer des Dachgeschosses eingerichtet worden. Eine genauere Darlegung seiner Ziele und seiner Hilfsmittel hat Dr. Bose gegeben.[1])

1) Klein und Riecke, Neue Beiträge zur Frage des mathem. und physik. Unterricht an den höheren Schulen. B. G. Teubner 1904. II. Heft, S. 140.

Der Doppler-Effekt bei den Kanalstrahlen und die Spektra der positiven Atomionen.

Von J. Stark.

§ 1. Einleitung. Auf Grund gewisser Überlegungen und Beobachtungen kann man sich die Ansicht bilden, daß die positiven Atomionen eines chemischen Elementes dessen Linienspektra emittieren. Nach W. Wiens Untersuchungen sind die Teilchen der Kanalstrahlen positiv geladene chemische Atome oder Atomgruppen, die eine große Geschwindigkeit besitzen. Es ist darum zu erwarten, daß das Licht, welches Kanalstrahlen in einem Gase zur Emission bringen, zum Teil ein Linienspektrum besitzt.

Wenn ein Kanalstrahlteilchen als positives Atomion Spektrallinien emittiert, während es eine beträchtliche Geschwindigkeit besitzt, so muß an seinen sämtlichen Linien der Doppler-Effekt zu beobachten sein. Es bezeichne λ_n die Wellenlänge einer Linie, wenn sie normal zur Richtung der Kanalstahlen beobachtet wird, λ_p sei die Wellenlänge derselben Linie, wenn sie parallel den Kanalstrahlen beobachtet wird, und zwar in der Weise, daß die Kanalstrahlen auf den Beobachter zulaufen; v sei die Geschwindigkeit der Kanalstrahlen, c diejenige des

Lichtes. Gemäß dem Dopplerschen Prinzip gilt dann

$$\lambda_n - \lambda_\rho = \lambda_n \frac{v}{c}. \qquad (1)$$

Infolge der Bewegung der Kanalstrahlen erscheint demnach jede „bewegte" Linie λ_ρ des betreffenden Atomions gegen die „ruhende" Linie λ_n nach Ultraviolett zu verschoben; die Größe $\frac{\lambda_n - \lambda_\rho}{\lambda_n}$ hat für alle Linien desselben positiven Atomions den gleichen Wert.

Die Kanalstrahlteilchen haben im Gas hinter der Kathode im allgemeinen nicht alle die gleiche Geschwindigkeit. Die maximale Geschwindigkeit, die sie haben können, berechnet sich aus der Spannungsdifferenz $\triangle V$, welche sie vor der Kathode im elektrischen Felde frei durchlaufen haben. Es sei ε die elektrische Ladung, μ die Masse des Kanalstrahlteilchens. Wenn dann die ganze elektrische Arbeit in kinetische Energie des Teilchens transformiert wird, so gilt

$$\varepsilon \cdot \triangle V = {}^1/_2\, \mu \cdot v_0^2 \quad \text{oder} \qquad (2)$$

$$v = \sqrt{\frac{2\,\varepsilon\,\triangle V_0}{\mu}}$$

Indem die Kanalstrahlen nur Bruchteile des Kathodenfalles frei durchlaufen oder indem sie hinter der Kathode Zusammenstöße erfahren, kommen hier außer der maximalen Geschwindigkeit v noch beliebig kleinere Geschwindigkeiten vor. Demgemäß muß die bewegte Linie λ_ρ nach Rot verbreitert erscheinen, oder genauer, sie setzt sich entsprechend der Geschwindigkeitsvariation aus einer Anzahl verschobener Linien zusammen: $\lambda_n - \lambda_{\rho 1} = \lambda_n \frac{v_1}{c}$, $\lambda_n - \lambda_{\rho 2} = \lambda_n \frac{v_2}{c}$ usw. Mit $\lambda_{\rho 0}$ sei die nach Ultraviolett liegende Kante der bewegten Linie bezeichnet. Berechnet man für sie nach Gleichung (1) die zugehörige Geschwindigkeit v_0, so muß deren Wert nahezu gleich sein der Geschwindigkeit v_0, welche sich aus der Gleichung (2) berechnet.

Wie sich vermuten läßt, kommt bei der Wiedervereinigung von positiven Atomionen mit negativen Elektronen zu neutralen Atomen ein Bandenspektrum zur Emission. Da die Kanalstrahlen das von ihnen durchlaufene Gas ionisieren, muß in diesem neben der Ionisierung auch Wiedervereinigung stattfinden, also ein Bandenspektrum zur Emission kommen. Da der Träger des Bandenspektrums, das System positives Restatom — negatives Elektron, nicht die Geschwindigkeit der Kanalstrahlen besitzt, so müssen die von ihnen emittierten Spektrallinien die gleiche Lage und Breite haben, mögen sie normal oder parallel zu den Kanalstrahlen beobachtet werden.

Die vorstehenden theoretischen Folgerungen lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen. Das Licht, welches Kanalstrahlen auf ihrem Wege durch ein Gas zur Emission bringen, zeigt neben einem Linienspektrum ein Bandenspektrum; diese Folgerung ist von mir und Herrn Hermann experimentell an Stickstoff und Wasserstoff bestätigt worden. Das von den Kanalstrahlen emittierte Linienspektrum zeigt den Doppler-Effekt, das von ihnen erregte Bandenspektrum zeigt den Doppler-Effekt nicht. Über die experimentelle Bestätigung dieser zweiten Folgerung bei Wasserstoff berichtet die vorliegende Mitteilung.

§ 2. Methode und Resultate. Die Kanalstrahlen wurden erzeugt in 4—5 cm weiten zylindrischen Glasröhren. Als Kathoden dienten Aluminiumscheiben, diese waren mit sehr vielen 1 mm weiten Löchern versehen; um sie in den Röhren zu fixieren, waren sie auf zylindrische Ringe aus Messing oder Aluminiumblech aufgenietet.

Zur Evakuation der Röhren diente eine Ölluftpumpe, hauptsächlich, um störende Quecksilberdämpfe zu vermeiden. Die Röhren wurden erst oftmals evakuiert und dazwischen wieder mit frischem trockenem Wasserstoff gefüllt; gleichzeitig wurde ein starker elektrischer Strom durch sie gesandt, um sie von innen zu heizen. Dies geschah alles mindestens 4 Stunden lang, um aus der Röhre Wasser und Kohlenwasserstoffe nach Möglichkeit zu entfernen.

Als Stromquelle diente eine Hochspannungsbatterie von 3000 Volt elektromotorischer Kraft. Vor die Röhre war ein Amylalkohol-Jodkadmium-Widerstand geschaltet. Zur Messung des Kathodenfalles (Elektrodenspannung) diente ein Braunsches Elektrometer. Durch Abpumpen oder Zulassen von Gas wurde der Kathodenfall auf ungefähr 2000 Volt gehalten. Die Stromstärke betrug im Mittel 0,007 Ampere.

Zur Analyse des Lichtes der Kanalstrahlen diente der Prismenspektrograph, den ich bereits in einer früheren Mitteilung[1]) näher beschrieben habe. Er wurde so eingestellt, daß die Linien im Violett am schärfsten wurden. Die Expositionszeiten betrugen 3—5 Stunden.

Erstens wurden Aufnahmen gemacht, indem das Kollimatorrohr senkrecht zu den Kanalstrahlen gestellt wurde; der Spalt war hierbei auf das Licht unmittelbar hinter der Kathode gerichtet; alles übrige Licht war durch schwarzes Papier abgeblendet. Zweitens wurden Aufnahmen gemacht, indem das Kollimatorrohr in die Richtung der Kanalstrahlen gebracht wurde, so daß diese direkt auf den Spalt zuliefen. Bei

1) J. Stark, Ann. d. Phys. **16**, 493, 1905.

dieser zweiten Stellung ist unvermeidlich, daß durch die Löcher in der Kathode Licht aus der negativen Glimmschicht auf den Spalt fällt.

Das obere Spektrum normal zu den Kanalstrahlen.
Das untere Spektrum parallel zu den Kanalstrahlen.

Die Figur gibt die erste photographische Aufnahme des Doppler-Effekts bei den Kanalstrahlen im Wasserstoff wieder. Aus ihr lassen sich bereits bei genauerer Betrachtung nachstehende Sätze ablesen. Sichergestellt wurden diese Sätze natürlich dadurch, daß „normale" und eine „parallele" Aufnahme mit den Schichtseiten aufeinander gelegt und so verglichen wurden.

Die Linien des ersten Spektrums oder des Serienspektrums von Wasserstoff (H_β, H_γ ..) zeigen in den Kanalstrahlen den Doppler-Effekt. Parallel den Strahlen beobachtet bietet sich jede einzelne Linie als ein Duplet dar, bestehend aus der „ruhenden" und aus der „bewegten" Linie. Die ruhende Linie ist scharf, die bewegte zeigt nach Ultraviolett einen schnellen, nach Rot einen langsamen Abfall der Intensität. Die bewegte Linie ist in der ganzen Serie nach Ultraviolett verschoben. Mißt man für die verschiedenen Linien die maximale Verschiebung und berechnet $\frac{\lambda_n - \lambda_{n0}}{\lambda_n}$, so erweist sich diese Größe für alle Linien der Serie als konstant. Berechnet man aus Gleichung (1) die maximale Geschwindigkeit v_0, so findet man $v_0 = 5 \cdot 10^7$ cm · sec^{-1}; berechnet man aus Gleichung (2) für $\triangle V = 2000$ Volt, $\frac{\varepsilon}{\mu} = 9{,}5 \cdot 10^3$ magn. Einh. v_0, so ergibt sich $6 \cdot 10^7$ cm · sec^{-1}.

Die Linien des zweiten Wasserstoffspektrums (Bandenspektrums), die sich neben den Serienlinien in großer Zahl — auch Stickstoffbanden sind angedeutet — finden, zeigen den Doppler-Effekt nicht.

Steigert man die Geschwindigkeit der Kanalstrahlen im Wasserstoff durch Erhöhung des Kathodenfalles, so wächst die Verschiebung der bewegten Linie nach Ultraviolett. Dies zeigte ein Versuch mit 3500 Volt Kathodenfall; hierbei diente auch eine Hochspannungsbatterie als Stromquelle. Noch größere Verschiebungen der bewegten Wasserstofflinie wurden durch Anwendung eines großen Induktoriums erzielt; freilich stellte sich hierbei eine starke Verbreiterung der bewegten Linie ein, entsprechend der variablen Spannung des Induktoriums.

Weiter wurde bis jetzt der Doppler-Effekt von Herrn Hermann bei Quecksilber und Stickstoff, von Herrn Siegl bei Sauerstoff, von mir und Herrn Siegl bei den Alkalien beobachtet. Über die Resultate dieser Untersuchungen wird an anderer Stelle ausführlich berichtet werden.

§ 3. Folgerungen. An die vorstehenden Resultate lassen sich mehrere wichtige Folgerungen knüpfen. Alle Linien der Wasserstoffserie (H_α, H_β usw.) besitzen den gleichen Träger, nämlich das positiv geladene Wasserstoffion; dieses ist einwertig. Die Linien des Bandenspektrums von Wasserstoff haben als Träger nicht die positiven Wasserstoffionen. Das Bandenspektrum des Stickstoffes hat ebenfalls nicht die positiven Atomionen als Träger.

Die Wasserstofflinien (H_α, H_β) bilden eine Serie. Nach Analogie ist zu schließen, daß allgemein bei allen chemischen Elementen die Serienlinien positive Atomionen als Träger haben.

Die Serienlinien zeigen den Zeeman-Effekt; aus dessen Vorzeichen ist zu folgern, daß die Emissionszentren der Serienlinien negative Elektronen sind. Wir müssen darum annehmen, daß in den positiven Atomionen neben der positiven Ladung noch negative Elektronen vorhanden sind. Diese führen in dem elektrischen Felde der positiven Ladung Schwingungen aus unter Ausstrahlung elektromagnetischer Wellen.

Die Beobachtung des Doppler-Effekts bei den Kanalstrahlen eröffnet uns die Möglichkeit festzustellen, welche Spektra den positiven Atomionen eines Elements zuzuschreiben sind.

Ferner kann aus der Größe des Doppler-Effektes bei den Kanalstrahlen deren spez. Ladung $\left(\frac{\varepsilon}{\mu}\right)$ wenigstens angenähert bestimmt werden. Durch Kombination von Gleichung (1) und (2) erhält man nämlich

$$\frac{\varepsilon}{\mu} = \frac{1}{2 \cdot \triangle V} \cdot \frac{c^2 (\lambda_n - \lambda_{n0})^2}{\lambda_n{}^2} \qquad (3)$$

Die Größen $\triangle V$, λ_n und λ_{n0} sind der Messung zugänglich. Hat man ein Gemisch von verschiedenartigen Kanalstrahlen, welche alle die gleiche Spannungsdifferenz frei durchlaufen haben, so gilt

$$\mu_1 \Big/ \mu_2 = \left[\frac{\lambda_{n1} - \lambda_{n01}}{\lambda_{n1}} \Big/ \frac{\lambda_{n2} - \lambda_{n02}}{\lambda_{n2}} \right] \qquad (4)$$

Ist $\mu_1 = \mu_2$, hat man also verschiedenwertige Ionen desselben Elements, so muß das Verhältnis $\varepsilon_1/\varepsilon_2$ aus der Gleichung (4) als eine ganze Zahl oder deren reziproker Wert $(2, 3, \cdots, {}^1/_2, {}^1/_3 \cdots)$ sich ergeben.

Ein elementares Gas kann nur dann die ihm eigentümlichen Serienlinien emittieren oder absorbieren, wenn es ionisiert ist. Umgekehrt kann man mit Sicherheit schließen, daß ein Gas ionisiert ist, wenn es seine Serienlinien emittiert.

Aus der Tatsache, daß die Serienlinien der chemischen Elemente positive Atomionen zu Trägern haben, erklärt sich ungezwungen die bekannte Tatsache[1]), daß Serienlinien durch Druckänderungen verschoben werden. Die Emissionszentren der Serienlinien führen ja ihre Schwingungen in dem elektrischen Felde der positiven Ladung aus. An ihnen muß sich darum der sogenannte elektrische „Zeeman-Effekt[2])" zeigen, d. h. durch die Stärke des elektrischen Feldes wird die Schwingungszahl der Elektronen beeinflußt. Veränderung der Stärke dieses Feldes hat eine Änderung der Schwingungszahl zur Folge. Da nun die Wirkungssphäre des elektrischen Feldes am positiven Atomion viel größer ist als die Dimensionen des neutralen Atoms, so befindet sich in ihr eine große Anzahl von Molekülen; die Stärke des Ionenfeldes wird durch deren Anwesenheit beeinflußt. Da die atomischen Dimensionen klein sind verglichen mit denjenigen des Ionenfeldes, so kann jener Einfluß durch eine Kontinuumskonstante des Mediums, durch deren Dielektrizitätskonstante dargestellt werden. Es bezeichne λ_1 die von einem Elektron emittierte Serienlinie für den Druck p_1, die Masse des Elektrons sei μ, die Kraft für λ_1 sei K_1. Wir können nach dem Obigen K_1 darstellen als Produkt zweier Funktionen $\varkappa_1$ und k, von denen $\varkappa_1$ abhängt von der Dielektrizitätskonstante des Mediums, k von der Bindung des Elektrons im Atom. Es ist also:

$$\lambda_1 = 2\pi c \sqrt{\frac{\mu}{K_1}} = 2\pi c \sqrt{\frac{\mu}{k}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\varkappa_1}},$$

$$\lambda_2 = 2\pi c \sqrt{\frac{\mu}{k}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\varkappa_2}},$$

$$\lambda_2 - \lambda_1 = 2\pi c \sqrt{\frac{\mu}{k}} \left| \frac{1}{\sqrt{\varkappa_2}} - \frac{1}{\sqrt{\varkappa_1}} \right|,$$

$$\lambda_2 - \lambda_1 = \lambda_1 \frac{\sqrt{\varkappa_1} - \sqrt{\varkappa_2}}{\sqrt{\varkappa_2}}.$$

Nun können wir in kleinen Variationsbereichen die Beziehung zwischen $\varkappa$ und p durch die Interpolationsformel $\varkappa = \frac{a}{(b+p)^2}$ darstellen, wo a und b Konstanten sind. Dann erhalten wir:

$$\lambda_2 - \lambda_1 = \lambda_1 \frac{p_2 - p_1}{b + p_1}.$$

Die Vermutung, daß die Änderung der Wellenlänge durch Druck auf den Einfluß der Dielektrizitätskonstante des Mediums zurückzuführen sei, wurde zuerst von Fitzgerald[3]) ausgesprochen. Verständlich wird dieser Einfluß erst durch die Erkenntnis, daß der Träger der verschobenen Serienlinie ein positiv geladenes Atomion ist. Umgekehrt kann man nun schließen, daß alle Linien eines chemischen Elements, welche durch Druck verschoben werden können, positive Atomionen als Träger haben. Bandenlinien, welche keine Ionen zu Trägern haben, dürfen nach dem Vorstehenden durch Druck nicht verschoben werden. Dies ist nach Kayser[1]) in der Tat der Fall.

§ 4. Historisches. Verschiedene Autoren haben die Ansicht ausgesprochen, daß das Auftreten verschiedenartiger Spektra bei demselben Element auf eine Dissoziation der chemischen Atome zurückzuführen sei; insbesondere hat Lockyer diese Dissoziationshypothese auf eine große Anzahl spektralanalytischer Erscheinungen angewandt. Kayser[2]) hat mit Nachdruck darauf hingewiesen, daß die Ionenhypothese für die elektrische Leitung in Gasen der Folgerung sich nicht entziehen könne, daß den positiven und negativen Ionen, sowie den neutralen Atomen besondere Spektra zuzuweisen seien. Im Jahre 1902 habe ich in meinem Buche über „die Elektrizität in Gasen" (Leipzig) über den Träger der Linienspektra S. 447 folgende spezielle Hypothese aufgestellt: „Das Linienspektrum ist dem positiven Atomion als Träger zuzueignen." Hierzu fügte ich später (1904) eine Hypothese[3]) über den Ursprung des Bandenspektrums eines Elements. „Wir wollen nun annehmen, daß das Bandenspektrum als Träger das System positives Restatom—negatives Elektron hat, das in der Umbildung zu einem neutralen Atom begriffen ist." Auf Grund dieser zwei Arbeitshypothesen fand ich die Erscheinung, daß leuchtendem Quecksilberdampf durch ein elektrisches Feld wohl die Träger des Linienspektrums, nicht aber diejenigen des Bandenspektrums entzogen werden können. Diese zwei Arbeitshypothesen ergänzte ich später (Januar 1905) durch folgenden Zusatz[4]): „Aus der Hypothese, daß die Linienspektra den positiven Atomionen eigen sind, folgt zwanglos die spezielle Annahme, daß ein chemisches Element, welches mehrere Valenzstufen besitzt, entsprechend viele Linienspektra haben kann, die strukturell voneinander verschieden sind." — „Kommt das Bandenspektrum bei Wiederanlagerung eines negativen Elektrons an ein positives Ion zustande, und sind bei den Ionen eines Elements mehrere Wertigkeits- oder Dissoziationsstufen vorhanden, so werden dem Elemente auch mehrere Bandenspektra verschiedener Struktur eigen sein." In der Tat fand ich, daß Quecksilberdampf in der negativen

1) H. Kayser, Handbuch der Spectroscopie **2**, 322.
2) W. Voigt, Ann. d. Phys. **4**, 197, 1901.
3) G. F. Fitzgerald, Astrophys. Journ. **5**, 210, 1897.

1) H. Kayser, Handbuch der Spectroscopie **2**, 327.
2) H. Kayser, Handbuch der Spectroscopie **1**, 202.
3) J. Stark, Ann. d. Phys. **14**, 525, 1904.
4) J. Stark, Ann. d. Phys. **18**, 512, 1905.

Glimmschicht neben dem gewöhnlichen Linienspektrum noch ein zweites Linienspektrum emittiert.

Lenard[1]) hat im Jahre 1903 gezeigt, daß die einzelnen konzentrischen Schichten des Lichtbogens von dem Lichte der einzelnen Serien der Alkalien verschieden stark erleuchtet erscheinen; der äußere relativ niedrig temperierte Lichtbogenmantel erscheint ausschließlich im Lichte der Hauptserie, die nach innen folgenden Schichten erscheinen der Reihe nach im Lichte der einzelnen Nebenserien. Er deutete die beobachteten Erscheinungen dahin, „daß jedes Metallatom im Bogen, während es die verschiedenen Flammenschichten passiert, eine Reihe verschiedener Zustände annehme, deren mindestens so viele sind, als sein Spektrum Serien enthält." — „Auch unter den extremen Verhältnissen des elektrischen Bogens oder Funkens sind bisher nur Erscheinungen beobachtet, welche auf das Vorhandensein ungeteilter Atome hinweisen. Sämtliche Spektralserien der Alkalimetalle beispielsweise bestehen aus Linienpaaren, und die Schwingungsdifferenz aller Paare ist Funktion des Atomgewichtes. Wenn darnach bei der Emission aller Serien eines und desselben Metalles die ganze Masse eines Atoms eine Rolle spielt, so ist es das Nächstliegende, diese ganze Masse in den Emissionszentren auch als vorhanden anzunehmen." Später (April 1905) spricht Lenard[2]) folgende Ansicht über die Träger der Linienspektra aus: „Die Emissionszentren der Hauptserie sind elektrisch neutrale Metallatome." — „Die Emissionzentren der Nebenserien sind positiv geladene Metallatome, das sind solche, welche negative Elementarquanta verloren haben." — „Dies schlossen wir aus der Tatsache ihrer elektrischen Wanderung. Es ist aber dann naheliegend anzunehmen, daß die verschiedenen Nebenserien desselben Metalles von Atomen emittiert werden, welche eine verschiedene Zahl von Elementarquanten verloren haben, im besonderen, daß die Emissionszentren der I., II., III., . . . Nebenserie Atome sind, welche 1, 2, 3, . . . negative Elementarquanten verloren." Ob diese Spezialisierung der allgemeinen Hypothese über den Träger der Linienspektra den wirklichen Verhältnissen entspricht, folgt aus den zwei Erscheinungen, mit welchen Lenard jene speziellen Hypothesen zu begründen sucht, nicht mit Sicherheit. Bei der Deutung der scheinbar konzentrisch geschichteten Emission der verschiedenen Serien im Lichtbogen ist der Umstand zu berücksichtigen, daß von der zentralen Achse des Lichtbogens nach außen ein sehr starker Abfall der Temperatur statthat. Infolgedessen wird das von den inneren Schichten emittierte Licht von den äußeren absorbiert; bei genäherter Anwendung des Kirchhoffschen Gesetzes ist zu folgern, daß eine innere Schicht um so ärmer an Licht von der Wellenlänge λ_1 dem Beobachter erscheint, je mehr es von einer äußeren kälteren Schicht emittiert wird; denn um so größer ist in dieser dann auch die Absorption des von innen kommenden Lichtes. Darum erscheint das Innere der äußeren Schicht arm an der Emission der Wellenlänge λ_1; in Wirklichkeit emittiert aber die innere Schicht entsprechend ihrer höheren Temperatur die Wellenlänge λ_1 nach der äußeren Schicht stärker als diese selbst. Kommen darum die Wellenlängen λ_1, λ_2, . . erst bei verschieden hohen Temperaturen $T_1 < T_2 < T_3$ zu gleichstarker Emission, so erscheinen dem Beobachter die einzelnen nach innen folgenden Schichten des Lichtbogens überwiegend in dem Lichte der Wellenlänge λ_1, λ_2 . . Die verschiedenen Serien können einen und denselben Träger haben; wenn nur die Emission der Serien bei der gleichen Temperatur verschieden intensiv ist, wird sich die von Lenard beobachtete schichtenartige Emission am Lichtbogen zeigen. Bei Flammen ist der Temperaturabfall von innen nach außen nicht so groß; darum können hier die Emissionen der verschiedenen Serien räumlich auch nicht so scharf scheinbar auseinander treten, was Lenard[1]) in der Tat findet.

Weiter führt Lenard zur Begründung seiner speziellen Hypothese die Erscheinung der elektrischen Wanderung leuchtender Metalldämpfe an. Er erinnert zunächst an eine frühere Beobachtung von ihm, daß ein leuchtender Salzdampfstreifen in einer Flamme nach der negativen Seite hin abgelenkt wird, wenn die Flamme zwischen zwei Platten von mindestens 2000 Volt Spannungsdifferenz gestellt wird. Lenard deutete diese Erscheinung als eine elektrische Wanderung des Salzdampfes und glaubte als spez. Geschwindigkeit der positiven Träger in der leuchtenden Flamme den Wert 0,08 cm/sec/Volt/cm aus seinen Beobachtungen ableiten zu dürfen. So wenig nun eine elektrische Wanderung positiver Metallionen in Gasen zu bestreiten ist, so scheint doch die von Lenard beobachtete Erscheinung nur indirekt von der elektrischen Wanderung der Ionen veranlaßt zu sein. Auf der negativen Seite einer elektrischen Strömung in einer Flamme bildet sich eine positive Ladung infolge des Wegwanderns der sehr schnellen negativen Elektronionen. Diese vom elektrischen Felde nach der Kathode getriebene positive Ladung übt auf das ganze Flammen-

1) P. Lenard, Ann. d. Phys. 11, 636, 1903.
2) P. Lenard, Ann. d. Phys. 17, 227, 1905.

1) P. Lenard, Ann. d. Phys. 17, 219, 1905.

gas einen Zug aus und führt so einen Teil der Flamme als elektrischen Wind nach der negativen Seite. Diese Ablenkung der ganzen Flamme ist leicht zu beobachten; Lenard selbst konstatiert, daß unter Umständen ein Teil der Flamme den abgelenkten leuchtenden Dampfstreifen begleitet; er berücksichtigt indes bei der Deutung der Erscheinung nicht die Relativbewegung von Ionen und neutralem Gas. Unter diesem Gesichtspunkt erklärt es sich, warum Lenard als scheinbare spez. Geschwindigkeit der positiven Flammenionen 0,08 findet, während H. A. Wilson nach einer anderen Methode ungefähr 60 gefunden hat. Ferner versteht man eher, warum Verminderung[1]) der Leitfähigkeit durch Einführung von Chlor in die Flamme nicht eine Verminderung der Ablenkung des Salzdampfstreifens zur Folge hat. Später hat Lenard einen von Riecke[2]) und mir am Glimmstrom in freier Luft angestellten Versuch am Lichtbogen wiederholt. In dem Versuch mit dem Glimmstrom dürfte die elektrische Wanderung von Metallionen in einem Gase einwandsfrei nachgewiesen sein, in ihm erfolgt nämlich die elektrische Wanderung entgegen der Gasströmung. Nicht die gleiche Beweiskraft besitzt der Versuch im Falle des Lichtbogens; hier kann die Ungleichheit der Verdampfung der Elektroden ähnliche Erscheinungen wie die Elektrolyse bewirken, indem von der Anode infolge ihrer höheren Temperatur Dampf nach der Kathode strömt oder destilliert. Über diesem Gesichtspunkt beurteilt Kayser[3]) frühere im Sinne einer Elektrolyse gedeutete Beobachtungen am Lichtbogen. Übrigens läßt sich aus dem fraglichen Versuch kein sicherer Schluß auf die Träger der Linienspektra im leuchtenden Metalldampf ziehen. Man kann in jenem Versuch nur eine Stütze für die Hypothese über den Träger der Linienspektra sehen, nicht einen Beweis. Indem nämlich positive Metallionen nach der Kathode wandern, treffen sie mit negativen Elektronionen zusammen und verwandeln sich durch Wiedervereinigung mit diesen zum Teil in neutrale Atome. Neben den positiven Metallionen sind darum notgedrungen immer auch neutrale Metallatome vorhanden, und so bleibt unentschieden, ob die Serienspektren, welche von dem Gebiet der elektrischen Wanderung emittiert werden, den neutralen Atomen oder den Ionen zuzueignen sind. Man kann es lediglich für wahrscheinlich halten, daß die Zahl der neutralen Metallatome klein ist, verglichen mit der Zahl der Ionen, und daraus folgern, daß die emittierten Serien den Ionen eigentümlich sind. Lenard glaubt aus dem elektrischen Wanderungsversuch sogar folgern zu dürfen, daß die Hauptserie der Alkalien von den neutralen Atomen emittiert werde. Er findet nämlich, daß der Kern des Lichtbogens nur schwach von dem Lichte der Hauptserie erhellt ist, daß dagegen in dem äußeren Mantel des Lichtbogens Alkalidämpfe zur Emission der Hauptserie gebracht werden können, ohne daß sie vom elektrischen Felde nach der Kathode geführt werden. Indes ist erstens zu beachten, daß nach den obigen Darlegungen in Wirklichkeit auch im Innern des Lichtbogens die Hauptserie kräftig emittiert wird. Zweitens darf nicht übersehen werden, daß im Mantel des Lichtbogens die elektrische Feldstärke viel kleiner als im Innern ist, so daß hier die elektrische Wanderung nur sehr schwach sein kann.

Soweit ich urteilen kann, besitzen wir bis jetzt nur eine Methode, die Spektra der Atomionen zu ermitteln, nämlich die Beobachtung des Doppler-Effekts bei den Kanalstrahlen.

Es sei mir noch der Hinweis gestattet, daß ich bereits in meinem Buche über „die Elektrizität in Gasen“ (Leipzig 1902) S. 457 mit folgenden Worten den Doppler-Effekt bei den Kanalstrahlen vorausgesagt habe. „Auch kann man vielleicht hier (Kanalstrahlen) eine Verschiebung oder Verbreiterung der Spektrallinien gemäß dem Dopplerschen Prinzip beobachten; hier besitzen nämlich die positiven Ionen einerseits eine große Geschwindigkeit, andererseits müssen auch sie selbst bei einem Zusammenstoß, nicht bloß das von ihnen getroffene Teilchen, ja sogar viel mehr als dieses zum Leuchten erregt werden.“ Warum frühere Autoren an der Emission der positiven Lichtsäule und an dem von Kathodenstrahlen erregten Lichte den Doppler-Effekt nicht finden konnten, ist nach den neuen Erfahrungen leicht zu verstehen.

Zum Schlusse möchte ich auch an dieser Stelle Herrn Professor Riecke herzlich dafür danken, daß er von Anfang an für meine spektralanalytischen Untersuchungen mit größter Bereitwilligkeit die notwendigen Mittel beschafft und mir zur Verfügung gestellt hat.

Göttingen, 5. November 1905.

(Eingegangen 19. November 1905.)

1) F. L. Tufts, diese Zeitschrift 5, 157, 1904.
2) E. Riecke und J. Stark, diese Zeitschrift 5, 537 1904.
3) H. Kayser, Handbuch der Spectroscopie 1, 165.

Über den Zerfall von Radium *A*, *B* und *C*.

Erste Mitteilung.

Von Heinrich Willy Schmidt.

1. Teil: Die Reihenfolge der Umwandlungen.

Nach Rutherfords[1]) Ansicht macht die feste aktive Materie, die sich aus Radiumemanation bildet, zunächst drei schnell vor sich

1) E. Rutherford, Radioactivity, 2. Aufl. Cambridge 1905, fortan zitiert mit R. R. — Es wäre sehr zu wünschen, wenn der von einigen Autoren bereits eingeführte Brauch, sich stets auf dieses grundlegende Werk zu beziehen, allgemeinen Anklang fände.

gehende Umwandlungen durch: Radium *A* in Radium *B*, Radium *B* in Radium *C* und Radium *C* in Radium *D*. Die Halbwertsperioden dieser drei Vorgänge gibt Rutherford zu 3, 21 und 28 Min. an, während er zur Erklärung der eigentümlichen Abklingungskurven annimmt, daß bei der ersten Umwandlung nur α-Strahlen, bei der zweiten Umwandlung keine Strahlen („rayless change") und bei der dritten Umwandlung alle drei Strahlenarten ausgesandt werden.

Daß die zweite Umwandlung schneller vor sich geht als die dritte, ist aus den Abklingungskurven der α-Strahlen-Wirkung nicht zu entscheiden. Rutherford[1]) folgert das mit Curie und Danne[2]) aus deren Versuchen über die Verdampfung von Radium *B* bei hohen Temperaturen. Aus denselben Versuchen soll hervorgehen, daß die eine Radioaktivitätskonstante von der Temperatur beeinflußt werden kann. „Diese Resultate sind," wie Rutherford sagt (R. R. S. 391), „von großer Wichtigkeit, denn sie zeigen, daß die Zerfallgeschwindigkeit des Produktes *C* nicht konstant ist, sondern durch die Temperatur beeinflußt wird. Das ist der erste Fall, in dem nachgewiesen wurde, daß die Temperatur einen merklichen Einfluß auf die Zerfallgeschwindigkeit einer radioaktiven Substanz ausübt."

Ich glaube nun, daß sich die Curie und Danneschen Versuche gerade so gut erklären lassen unter der Annahme, daß die zweite Umwandlung langsamer vor sich geht als die erste. Bei dieser Erklärung braucht man außerdem nicht eine Abhängigkeit der Radioaktivitätskonstanten von der Temperatur anzunehmen.

Die Versuche der beiden Herren bestanden darin, daß Platinbleche lange Zeit in Radiumemanation aktiviert und darauf kurze Zeit in einem geschlossenen Blechzylinder erhitzt wurden. Dann bestimmte man das Gesetz der Aktivitätsabnahme bei Zimmertemperatur.

1) R. R. S. 390.
2) P. Curie und Danne, C. R. **138**, 748, 1904; ausführl. Referat: Beibl. **28**, 1157, 1904.

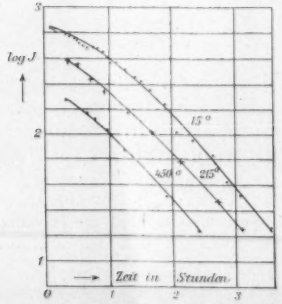


Fig. 1.

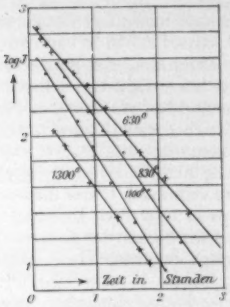


Fig. 2.

Zum Verständnis des folgenden halte ich mich zunächst völlig an den Text und die Figuren der Curie-Danneschen Arbeit:

„Die erhaltenen Resultate sind durch die Fig. 1 und 2 veranschaulicht. Die Zeit, gerechnet vom Beginn der Entaktivierung, ist als Abszisse, der Logarithmus der Strahlungsintensität (log. $\mathcal{J}$) als Ordinate aufgetragen. Bei jeder Kurve steht die Temperatur, auf welche das Blech für einige Minuten beim Beginn der Entaktivierung erhitzt war."

„Die erste Kurve entspricht der normalen Abklingungskurve eines nicht erhitzten Bleches. Nach einer Erhitzung auf 215° bis 540° erhält man für log. $\mathcal{J}$ als Funktion der Zeit flachere Kurven als die normale. Bei Erhitzung über 630° erhält man eine gerade Linie, ein Beweis, für das Abklingen nach einem einfachen logarithmischen Gesetz von der Form: $\mathcal{J} = \mathcal{J}_0 \cdot e^{-\lambda t}$. Die Neigung dieser Geraden zur Abszissenachse (proportional λ) nimmt mit steigender Erhitzungstemperatur anfangs zu, später wieder ab, bei 1100 ist sie am größten."

Ich will jetzt annehmen, daß die zweite Umwandlung mit einer Halbwertsperiode von 28′ langsamer verläuft als die dritte mit einer Halbwertsperiode von 21′, und daß die sehr schnell verlaufende erste Umwandlung zu vernachlässigen ist.[1])

Die „normale Kurve" (Fig. 1, Temp. = 15°) läßt sich dann in der (ebenfalls von den Herren Curie und Danne aufgestellten) Form schreiben[2]):

$$\mathcal{J}_t / \mathcal{J}_0 = a \cdot e^{-\lambda_2 t} - (a-1) \cdot e^{-\lambda_3 t}$$
$$= a \cdot (e^{-\lambda_2 t} - e^{-\lambda_3 t}) + e^{-\lambda_3 t} = B + C, \quad (1)$$

wo $\lambda_2 = 4{,}13 \cdot 10^{-4}$ sec^{-1}, $\lambda_3 = 5{,}38 \cdot 10^{-4}$ sec^{-1} und $a = 4{,}3$ ist. — Wir tragen nach dem

1) Bei genaueren numerischen Berechnungen ist diese Vernachlässigung nicht statthaft. Aus Fig. 1 und 2 sieht man aber, daß die Abweichungen der gefundenen und gezeichneten Kurven bis über 5 Proz. betragen. Deshalb können wir bei unseren Berechnungen, die lediglich einen qualitativen Charakter tragen, diese Vernachlässigung wohl machen.

2) R. R. S. 389. — Das erste Glied (erste Umwandlung) ist nach unserer Vernachlässigung weggelassen, ebenfalls der Faktor $1/2$, der bei unseren relativen Werten ohne Bedeutung ist. Natürlich ist λ_2 mit λ_3 vertauscht.

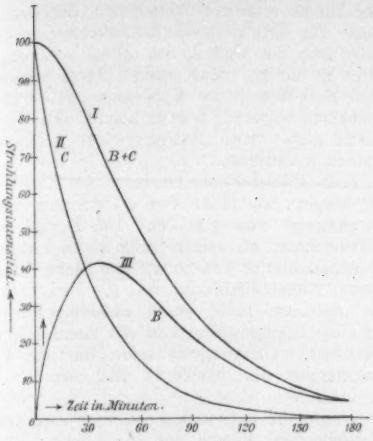


Fig. 3.

Vorgang Rutherfords (R. R. S. 383 und 386) $B+C$, sowie C und B einzeln in ein Koordinatensystem als Ordinate, die Zeit t als Abszisse ein. (Fig. 3, Kurve I, II, III.) Die Ordinaten der Kurve I sind ein Maß für die jeweils vorhandene Materie C, also auch für die beobachtbare Aktivität, die von II für die Materie C, die bereits zur Zeit 0 vorhanden war, und die von III für die Materie C, die erst vom Beginn der Entaktivierung an aus B entstanden ist (näheres vgl. R. R. S. 385).

Wir wenden uns jetzt zu den Curie-Danneschen Beobachtungen zurück und machen mit den beiden Verfassern die Annahme, daß Radium B leichter verdampft, als Radium C. Diese Verminderung der Materie B wird in unserer Gleichung (1) bewirken, daß B kleiner wird, während C unverändert bleibt. Unsere Kurve I der Fig. 3 wird also mit zunehmender Verminderung von B immer der Kurve II, d. h.: ähnlicher einer reinen Exponentialkurve von der Halbwertsperiode 21 Minuten werden.[1])

Um einen Vergleich mit der Fig. 1 und 2 zu bekommen, habe ich die Werte von $\mathcal{J}_t/\mathcal{J}_0$ in Gleichung (1) für $a = 4{,}3;\ 3;\ 2;\ 1;\ 0$ ausgerechnet, mit 100 multipliziert und ihren Briggschen Logarithmus als Ordinate in ein Kurvensystem mit der Zeit t als Abszisse eingetragen (Fig. 4). Man sieht, daß mit abnehmendem a die Kurven flacher und flacher

1) Wahrscheinlich ist der wahre Wert noch kleiner als 21′. Experimente zur genauen Feststellung dieser Konstanten sind vom Verfasser schon seit längerer Zeit in Angriff genommen; doch sind die Untersuchungen wegen der vorhandenen Schwierigkeiten (Verdampfung von Radium B bei Zimmertemperatur, Absorption von Emanation etc.) noch nicht zu Ende geführt. Übrigens verändert ein kleinerer Wert das Gesamtbild der Kurven sehr wenig.

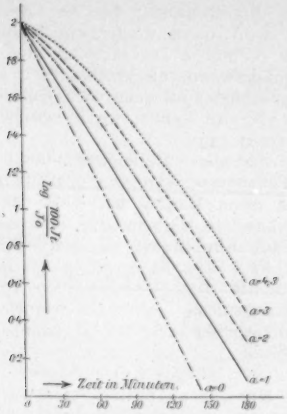


Fig. 4.

werden, daß bei $a = 2$ die Abweichung von einer Geraden schon recht gering ist, daß bei $a = 1$ eine Gerade resultiert, die der Exponentialkurve $e^{-\lambda_2 t}$ (Halbwertsperiode 28′) entspricht, und daß wir als Grenzfall bei $a = 0$ zu einer anderen Geraden mit noch steilerer Neigung entsprechend der Exponentialkurve $e^{-\lambda_1 t}$ kommen (Halbwertsperiode 21′). Wir haben also genau dasselbe, wie bei den Curie-Danneschen Kurven bis zu einer Erhitzungstemperatur von 1100°.

Von besonderem Interesse ist der Fall für $a = 1$. Wir haben hier eine reine Exponentialkurve von der Halbwertsperiode 28′, während die Halbwertsperiode der strahlenden Umwandlung 21′ beträgt.

Bei weiterer Erhitzung werden die experimentellen Kurven wieder weniger steil gegen die Abszissenachse geneigt: ein Beweis, daß jetzt auch Radium C mit verdampft, d. h. das Glied C der Gleichung (1) kleiner wird.[1])

Curie und Danne haben ferner Blechzylinder, in denen aktivierte Platindrähte erhitzt waren, auf ihre Aktivität untersucht. Da anfangs nur Radium B (vielleicht auch sehr wenig Radium C) überdestilliert sein kann (die Erhitzungstemperatur betrug nämlich stets weniger als 1100°), bekamen sie, genau wie es die Theorie erfordert, einen Aktivitätsverlauf, wie er in seinen Grundzügen durch Kurve III angedeutet ist. Wurden die Platindrähte zweimal nacheinander in verschiedenen Zylindern erhitzt, so hatten die Abklingungskurven des zweiten Destillats wieder einen Verlauf wie in Fig. 2. Auch das ist leicht zu erklären. Bei der ersten Erhitzung ist der größte Teil von

1) Die Verdampfung von Radium C beginnt höchstwahrscheinlich schon bei einer niederen Temperatur als 1100°.

Radium *B* verdampft; bei der zweiten Erhitzung wird dann wieder ein Gemisch von Radium *B* und *C* verdampfen und sich auf der Zylinderwand niederschlagen. Die Aktivitätsabnahme muß dann wieder nach Gleichung (1) vor sich gehen, wo *a* zwischen 0 und 4,3 variieren kann.

Eine genauere Verfolgung dieser interessanten Phänomene wäre von großem Interesse. Was für einen Einfluß hat z. B. das im Anfang vorhandene Radium *A*? Hat ein Zerfall irgendeinen Einfluß auf das Verdampfen von Radium *B*? (Vgl. R. R. S. 391.) Läßt sich eventuell bei diesen radioaktiven Produkten ein Zusammenhang zwischen Schmelz- bezw. Sublimationspunkt und einer Art Dampfspannung konstatieren?

2. Teil. Die „strahlenlose" Umwandlung.

Zu der hier gegebenen Erklärung der Curie-Danneschen Versuche bin ich durch Experimente von ganz anderer Art gekommen. Ich untersuchte nämlich die Abklingungskurven für die β-Strahlaktivität von Körpern, die kurze Zeit in Radiumemanation aktiviert waren. Die erhaltenen Kurven kann ich nicht anders deuten, als daß auch bei der zweiten Umwandlung („rayless change" Rutherfords) Strahlen ausgesandt werden, deren Charakter freilich nach den bisherigen Untersuchungen nicht zu entscheiden ist. Eine numerische Berechnung führte die beste Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment herbei eben unter der Annahme, daß die zweite Umwandlung langsamer vor sich geht, als die dritte. Diese numerische Berechnung will ich freilich heute nur kurz berühren; ihre genaue Durchführung wird noch viele zeitraubende Experimente und gerade so zeitraubende Berechnungen erfordern. Deshalb soll heute nur kurz über die bereits gemachten Versuche berichtet werden.

Benutzt wurde zum Messen der jeweiligen Aktivität das kürzlich in dieser Zeitschrift beschriebene Blattelektrometer.[1]) Als Aktivierungsgefäß diente ein Glaszylinder von 70 Liter Inhalt, der oben luftdicht mit einer Eisenplatte verschlossen war. In der Mitte dieser Platte saß gut schließend ein paraffinierter Kork, der im Augenblick des Einführens und Herausnehmens des aktivierten Körpers herausgenommen wurde. Auf dem Boden des Glaszylinders befand sich ein kleines Glasfläschchen mit Wasser, in dem ca 0,2 g eines schwachen Radiumpräparats[2]) gelöst war. Zur Aktivierung benutzte ich Aluminiumfolie, die, an einem dünnen *Cu*-Draht aufgehängt, eine Minute in ·m beschriebenen Glaszylinder blieb. Die Alu· iumfolie hat außer der großen Oberfläche der ·rteil, sich schnell zusammenfalten zu lasse· odaß meist 1 bis 2 Minuten nach Beendigu der Exposition mit der Beobachtung bego·nen werden konnte. Die Folie wurde stets ohne Anlegen einer negativen Spannung aktiviert.

Beim Blattelektrometer hatte der Zerstreuungskörper eine Höhe von 4,5 cm und einen Durchmesser von 0,45 cm. Der Deckel war abgenommen; an seiner Stelle lagen mehrere Aluminiumblätter von 0,00338 mm Dicke, bezw. dünne Aluminiumbleche von 0,1 mm Dicke. Die aktivierte Folie wurde zusammengefaltet auf diese Blätter gelegt und mit einem Bleche beschwert. Dann wurde sofort mit den Beobachtungen der jeweiligen Blättchenstellung begonnen.[1])

Wurde die aktivierte Folie ohne Zwischenschaltung von Filtern auf das offene Untersuchungsgefäß gelegt, so war die Ionisierung so stark, daß sich das Wandern des Blättchens nicht bobachten ließ. Da jedoch die Form der Abklingungskurve für uns von Interesse ist, gebe ich in Figur 5, Kurve 1 die Abklingungskurve eines 60 cm langen *Cu*-Drahtes von 0,2 mm Durchmesser, der auf gleiche Weise exponiert und im gleichen Elektroskop von mir früher untersucht war. Die Ordinaten der Kurve 1 sind mit den anderen durchweg auf gleiches Maß gebrachten Ordinaten natürlich nicht direkt vergleichbar; man müßte sie ungefähr mit 20 multiplizieren, um gleiches Maß zu bekommen.

Die Kurve I zeigt den typischen Verlauf: in den ersten 10 Min. (die Zeit stets von Beendigung der Exposition gerechnet), ein rapider Abfall, von 20 Min. bis 40 Min. ein annäherndes Konstantbleiben der Ionisierung mit einem sehr schwach ausgeprägten Maximum bei ca. 35 Min., dann ein allmählicher Abfall, der mit wachsender Zeit immer mehr einer Halbwertsperiode von 28 Min. entspricht.

Kurve II: Die Strahlen müssen 5 Aluminiumblättchen durchdringen. Anfangs schneller Abfall. Bei 12 Min. ein Minimum, dann Ansteigen bis zu einem Maximum bei ca. 35 Min., hierauf ein Abfall wie in Kurve I.

Die Erklärung dieser Kurve II aus Kurve I ist sehr einfach: durch die zwischengeschalteten Al-Blättchen werden die bei der ersten und dritten Umwandlung auftretenden α-Strahlen verschieden stark absorbiert, und zwar die bei der ersten Umwandlung entstehenden mehr als die bei der dritten. Das deckt sich völlig mit den neuesten Untersuchungen Bragg

1) H. W. Schmidt, diese Zeitschr. **6**, 561, 1905.
2) von de Haën-Hannover. Aktivität „600", also das schwächste Präparat, das die genannte Firma abgibt.

1) Bei den Ablesungen hat mich Herr cand. r. n. Kurz in wertvoller Weise unterstützt.

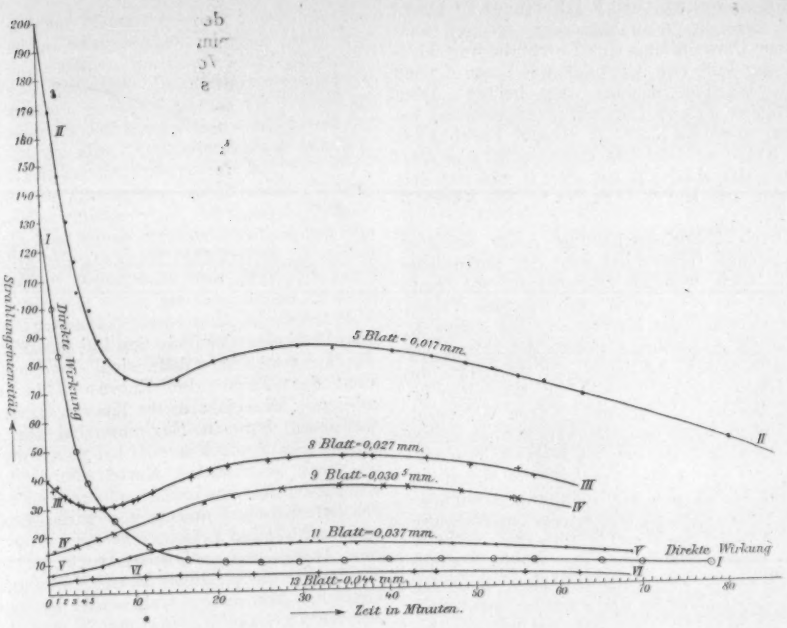

Strahlungsintensität
Direkte Wirkung
5 Blatt = 0,017 mm.
8 Blatt = 0,027 mm.
9 Blatt = 0,030 5 mm.
11 Blatt = 0,037 mm.
13 Blatt = 0,044 mm.
Direkte Wirkung
Zeit in Minuten.

Fig. 5.

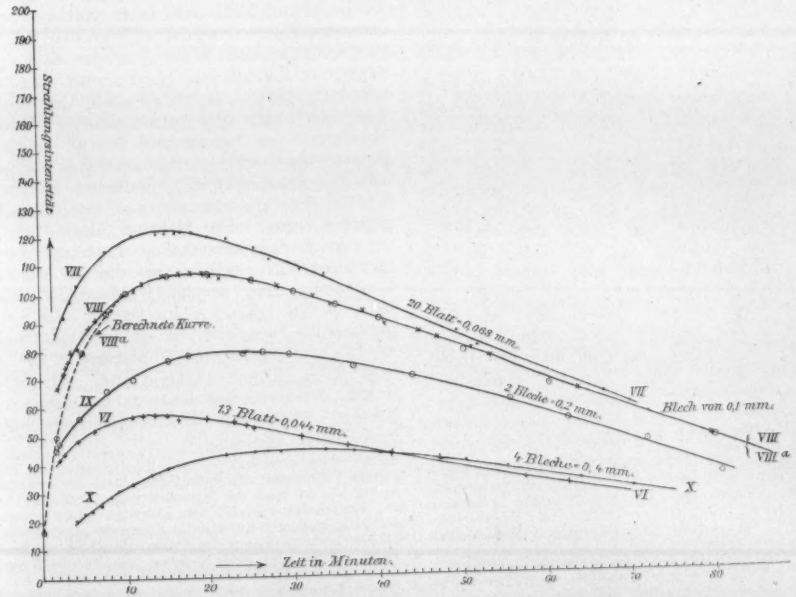

Strahlungsintensität
Berechnete Kurve.
20 Blatt = 0,068 mm.
2 Bleche = 0,2 mm.
Blech von 0,1 mm.
13 Blatt = 0,044 mm.
4 Bleche = 0,4 mm.
Zeit in Minuten.

Fig. 6.

und Kleemanns[1]) und Rutherfords.[2]) Dieser gibt für die α-Strahlen der ersten bezw. dritten Umwandlung eine Durchdringungsfähigkeit der Luft von 4,4 (oder 3,8) bezw. 6,7 cm an. Würden nämlich die beiden Arten α-Strahlen gleiche Durchdringungsfähigkeit besitzen, so müßte Kurve II dieselbe Form haben wie Kurve I. Bei uns dagegen ist das Verhältnis der Aktivität zur Zeit 0 und zur Zeit 35 Min. bei Kurve I ca. 12,5, bei Kurve II ca. 2,5.

Durch Zwischenschaltung dreier weiterer Al-Blättchen (Kurve III) wird der anfängliche Abfall noch weniger ausgeprägt; bei neun Blättchen ist er gänzlich verschwunden; sonst ist der Verlauf der Kurven wie bei Kurve II.

Bei elf Al-Blättchen (Kurve V) haben wir ein anfängliches Ansteigen der Aktivität, die jetzt schon bei ca. 30 Min. ihr Maximum erreicht, bei 13 Al-Blättchen (Kurve VI, vergl. auch Fig. 6) rückt dieses Maximum noch weiter nach links und ist bei 20 Blatt (Kurve VII, Fig. 6) bei ca. 13 Min. angelangt.[3]) Wenn wir jetzt die Dicke des schirmenden Aluminiums weiter vergrößern, so tritt wieder ein Wandern des Maximums nach rechts ein.

Um diese Veränderung des Maximums mit der Zeit besser übersehen zu können, habe ich in Fig. 7 Schichtdicke des schirmenden Aluminiums als Abszisse[4]), die Zeit, bei welcher das Maximum erreicht wird, als Ordinate eingetragen. Die Kurve läuft anfangs beinahe der Abszissenachse parallel, fällt dann schroff ab, um von ca. 0,05 mm an wieder allmählich anzusteigen.

Die eigentümliche Form dieser Kurve kann ich mir nicht anders erklären, als daß bei der zweiten Umwandlung Strahlen auftreten, die etwas durchdringender — freilich nur sehr wenig — sind als die α-Strahlen und viel weniger durchdringend als die β-Strahlen der dritten Umwandlung. Bei einer Dicke des Aluminiumschirmes von 0,044 mm wird die ionisierende Wirkung der α-Strahlen so gut wie verschwunden sein; die Ionisation des Untersuchungsraumes wird dann durch die Strahlen der zweiten Umwandlung und die β-Strahlen der dritten Umwandlung bedingt werden. (Die γ-Strahlen darf man bei diesen immerhin noch recht dünnen Aluminiumschirmen gegen die β-Strahlen vernachlässigen.)

1) Phil. Mag. (6) 10, 318, 1905.

2) R. R. S. 547.

3) Die Ordinaten in den verschiedenen Kurven in Fig. 6 sind jetzt nicht mehr miteinander vergleichbar, da mit zunehmender Schirmdicke mehr Aluminiumfolie genommen wurde; sonst wäre die Strahlungsintensität zu klein geworden. Bei VII sind zwei, bei VIII und IX vier, bei X sechs Blatt aktivierte Folie genommen.

4) Dieser Wert ist die untere Grenze der absorbierenden Schichtdicke, denn ein Teil der Strahlen wird durch die zusammengefalteten Folien selbst absorbiert; vgl. letzte Anm.

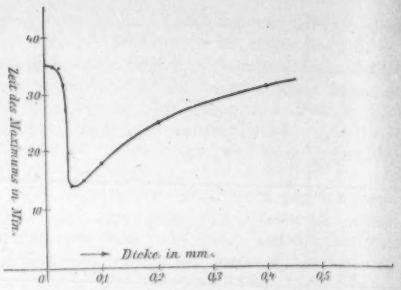


Fig. 7.

Das Maximum der Ionisation bei 13′ kommt dadurch zustande, daß sich zwei Kurven von der Form der Kurve III in Fig. 3 addieren: die einer dieser Kurven (zweite Umwandlung) hat ein Maximum bei ca. 10′ die andere genau wie Kurve III bei 36′. Je nachdem die eine oder andere Kurve überwiegt, wird das Maximum zwischen 10′ und 36′ liegen. Da bei unseren Untersuchungen das Maximum mit wachsender Schichtdicke des absorbierenden Aluminiums nach rechts rückt, so ist das ein Zeichen dafür, daß die zweite Kurve größeres Gewicht bekommt, d. h. daß die bei der zweiten Umwandlung (Radium *B* in *C*) ausgehenden Strahlen mehr absorbiert werden als die β-Strahlen der dritten Umwandlung.

In Fig. 6 habe ich unter VIIIa eine berechnete Kurve eingetragen für den Fall, daß die ionisierenden Wirkungen der zweiten und dritten Umwandlung gleich sind und $\lambda_1 = 3{,}85 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{sec}^{-1}$, $\lambda_2 = 4{,}13 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{sec}^{-1}$, $\lambda_3 = 5{,}38 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{sec}^{-1}$ genommen wird. Wenn das Maximum der berechneten Kurve gleich 108 gesetzt wird, so deckt sie sich von $t = 10'$ an mit der experimentell gefundenen Kurve VIII (Dicke der absorbierenden Aluminiumschicht gleich 0,1 mm). Für kleinere Zeiten ist die Abweichung zwischen theoretischer und experimenteller Kurve größer, als daß sie sich durch Ungenauigkeiten in den Ablesungen erklären läßt. Ob diese Abweichung bei einem größeren λ_3 wegfällt, ob sie von einer bereits zur Zeit 0 vorhandenen Materie *B* herührt (vgl. R. R. S. 392, Sektion 228), oder ob sie durch direkte oder Sekundärstrahlen hervorgerufen wird, soll späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.[1])

1) Führt man die Rechnungen durch mit vertauschten λ_2 und λ_3, so wird die Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment viel schlechter, ebenfalls wenn man annimmt, daß sich Radium *B* nicht erst aus Radium *A*, sondern unabhängig davon direkt aus der Emanation bildet. Meine Versuche würden also dafür sprechen, daß Radium *B* aus Radium *A* entsteht. Nach Rutherfords Ansicht ist eine präzise Entscheidung dieser Frage von großer theoretischer Wichtigkeit. (Vgl. R. R. 392, Sektion 228.)

Zu welcher Kategorie die bei der zweiten Umwandlung ausgehenden Strahlen gehören, läßt sich aus diesen Versuchen nicht ermitteln. Entschieden ist ihre Durchdringungsfähigkeit ganz bedeutend geringer, als die der β-Strahlen. Die ionisierende Wirkung dieser wird im Durchschnitt durch eine Aluminiumschicht von ungefähr 0,5 mm auf die Hälfte reduziert (R. R. S. 111). Hier ist die Absorption durch einen Schirm von gleicher Dicke ganz bedeutend größer. Vielleicht sind diese Strahlen identisch mit den von J. J. Thomson[1]) entdeckten Strahlen eines neues Typus, die von Miß Slater[2]) näher untersucht sind. Da diese neuen Strahlen auch für Thor nachgewiesen sind, so scheint nicht ausgeschlossen, daß sie alle (bisher so genannten) „strahlenlosen" Umwandlungen begleiten.[3])

Meine Versuche stehen in Widerspruch mit einem Versuch Rutherfords (R. R. S. 382), den dieser mit aktivierter Folie unter Zwischenschaltung eines 0,1 mm dicken Al-Bleches gemacht hat. Rutherford findet ein Maximum der Strahlungswirkung bei 36 Min., während in Fig. 6, Kurve VIII für den Schirm von gleicher Dicke das Maximum bei 18 Min. liegt. Ob dieser Unterschied daher rührt, daß Rutherford die aktivierte Folie im Blattelektrometer selbst untersuchte, will ich dahingestellt sein lassen.

Die Resultate dieser Mitteilung lassen sich kurz so zusammenfassen:

1. Unter der Annahme, daß die Verwandlung von Radium B in Radium C langsamer verläuft, als die von Radium C in Radium D, erklären sich die von Curie und Danne beobachteten Erscheinungen, ohne daß eine Abhängigkeit der Radioaktivitätskonstanten von der Temperatur vorhanden zu sein braucht.

2. Bei der Verwandlung von Radium B in Radium C („rayless change" Rutherfords) gehen Strahlen aus, die etwas durchdringender sind als α-Strahlen, aber viel weniger durchdringend als β-Strahlen. Vielleicht gehören sie zu einem von J. J. Thomson entdeckten neuen Strahlentypus.

1) J. J. Thomson, Proc. Camb. Phil. Soc. **31**, Teil 1.
2) Miß J. M. W. Slater, Phil. Mag. (6), **10**, 460, 1905. Die Verfasserin folgert freilich aus ihren Versuchen, daß die Strahlung bei der Umwandlung von Radiumemanation in Radium A ausgeht. Dadurch erklärt sich nicht das anfängliche Ansteigen des von ihr beobachteten Effekts, um ca. 20 Proz. (l. c. S. 463). Miß Slater hat gleich bei Beginn des Versuchs einen Effekt. Dies kann daher kommen, daß entweder bei beiden Umwandlungen die neue Strahlenart auftritt, oder daß zugleich mit der Emanation deren Zerfallprodukte in das Untersuchungsgefäß eingeführt wurden. (Vgl. R. R. S. 394 in Sektion 228.)
3) Bei den Versuchen mit Thoremanation sagt Miß Slater (l. c. S. 466) selbst, daß ein Teil der Strahlen von den festen Zerfallprodukten des Thors ausgehe.

Gießen, Physikalisches Institut, 17. November 1905.

(Eingegangen 17. November 1905.)

Die Fluoreszenz des Natriumdampfes und die Resonanzstrahlung der Elektronen.

Von R. W. Wood.

Bei den modernen Theorien der Absorption wird des öfteren Gebrauch gemacht von dem Begriff einer Wiederaussendung (re-emission) strahlender Energie von seiten eines Elektrons, welches gerade im Einklang mit den einfallenden Lichtwellen schwingt. Die ausgesandte Energie muß indessen von derselben Wellenlänge sein wie die erregenden Wellen. und während wir gar viele Beispiele einer Photolumineszenz haben, scheint es wahrscheinlich, daß in diesen Fällen die Erscheinung außerordentlich verwickelt ist, denn die ausgesandte Strahlung besteht aus einer heterogenen Masse von Wellen, welche gewöhnlich von kürzerer Periode sind als das einfallende Licht. Von seiten verschiedener Forscher sind wiederholt Anstrengungen gemacht worden, eine seitliche Emission gelben Lichtes an Natriumdampf zu beobachten, während derselbe Natriumlicht absorbiert. Diese Versuche sind erfolglos geblieben aus Gründen, die gleich angegeben werden sollen. Die Erscheinung ist endlich beobachtet worden: eine dichte Masse nicht leuchtenden Natriumdampfes strahlte ein helles gelbes Licht aus, wenn sie mit dem Lichte einer sehr intensiven Natriumflamme bestrahlt wurde. Dieselbe Erscheinung ist im Gebiet der kannellierten Absorption beobachtet worden; in diesem Falle werden jedoch sowohl Strahlen anderer Wellenlängen ausgesandt als auch solche von gleicher Periode wie die des erregenden Lichtes. Es ist dies anscheinend der erste beobachtete Fall des Phänomens, welches man vielleicht zweckmäßig als „Resonanzstrahlung" bezeichnen könnte, zum Unterschied von der Fluoreszenz Der enge Zusammenhang zwischen Fluoreszenz und Phosphoreszenz und die fast unbestreitbare Ansicht, daß das letztgenannte Phänomen verbunden ist mit chemischen Veränderungen, welche in der Substanz vor sich gehen, lassen es wahrscheinlich erscheinen, daß Fluoreszenz und Resonanzstrahlung zwei gänzlich verschiedene Erscheinungen sind, obschon auch die erstere zweifelsohne in irgendeiner weitläufigen Weise durch Resonanz verursacht wird.

Der Bequemlichkeit halber möchte ich indessen in der vorliegenden Arbeit den Ausdruck Fluoreszenz gebrauchen, obschon wir gelegentlich zu unterscheiden haben werden zwischen Fluoreszenzspektren und Resonanzspektren.

Es ist die sehr bemerkenswerte Tatsache festgestellt worden, daß die Erregung des Dampfes durch nahezu monochromatisches Licht, wie es der monochromatische Beleuchtungsapparat (Spektroskop) liefert, die Emission

von Licht bewirkt, dessen Spektrum aus einer Reihe mehr oder minder auseinander liegender heller Linien von verschiedener Intensität besteht. Die geringste Änderung in der Wellenlänge des erregenden Lichtes bewirkt das Verschwinden dieser Linien und das Auftreten einer andern Gruppe von Linien. Die Erscheinung weist darauf hin, daß das Molekül eine Reihe von Elektronengruppen enthält, und daß die Erregung irgend eines derselben die ganze Gruppe in Schwingung versetzt, ohne daß dadurch die andern Gruppen irgendwie in Mitleidenschaft gezogen würden. Wenn man die Wellenlänge des erregenden Lichtes langsam verändert, so zeigt das Fluoreszenzspektrum ein höchst merkwürdiges Aussehen. Die Linien scheinen in schneller Bewegung begriffen und die leuchtenden Banden zeigen eine kräuselnde Bewegung, wie wenn das Mondlicht auf dem Wasser spielt. Die Bewegung ist natürlich nur eine Täuschung, hervorgerufen durch das fortgesetzte Verschwinden und Wiederauftauchen der hellen Linien; die Erscheinung erinnert stark an das Szintillieren, welches durch das Elektronenbombardement von Radium auf einem Zinkblendenschirm hervorgerufen wird.

Bei der in Gemeinschaft mit Herrn Dr. Moore ausgeführten früheren Arbeit des Verfassers über die Fluoreszenz des Dampfes wurde das Metall in einem nahtlosen Stahlrohr verdampft. Infolge des Überdestillierens des Metalles zu den kälteren Partien des Rohres wurde es nach zweistündigem Erhitzen notwendig, das Rohr zu öffnen und aufs neue zu beschicken. Diese Methode bedeutete einen großen Fortschritt gegenüber den von Wiedemann und Schmidt benutzten evakuierten Glasballons, welche berußten und innerhalb einer halben Minute oder früher unbrauchbar wurden; dennoch war es klar, daß man einer besseren Methode bedurfte, um die große Zahl langfristiger Expositionen durchzuführen, welche zur sorgfältigen Untersuchung der merkwürdigen Veränderungen des Fluoreszenzspektrums erforderlich waren, die in Begleitung der Änderungen der Wellenlänge des erregenden Lichtes auftreten. Für Demonstrationszwecke reicht ein einfaches Rohr aus Stahl oder auch aus Messing vollkommen aus. Stahl verdient den Vorzug, weil Messing wahrscheinlich im Laufe der Zeit vom Natrium durchgefressen werden dürfte. Indessen kann man Messing verwenden, falls ein großes Stahlrohr nicht zu beschaffen ist. Das Rohr sollte eine Lichtweite von 2 bis 3 Zoll haben und etwa 2 Fuß engl. lang sein. An das eine Ende lötet man ein kurzes Stück Messingrohr, durch welches man das Rohr bis auf einige wenige Millimeter Druck auspumpen kann. Nur bei niedrigen Drucken nämlich läßt sich eine einigermaßen helle Fluoreszenz erreichen. In einem Schmelztiegel schmilzt man etwas Natrium und gießt es auf eine Schale aus; das so erhaltene reine Metall führt man in das Rohr ein und verschließt die Enden mit Glasplatten, welche man mit Siegellack aufkittet. Man tut gut, das eine Fenster vor der Beschickung mit Natrium anzubringen. Die folgende Methode zeitigt die besten Ergebnisse: Man erhitze das Ende der Röhre und trage den geschmolzenen Siegellack langsam am Rande auf und häufe ihn zu einem Wall von etwa 2 mm Stärke an. Dann stelle man das Rohr auf das andere Ende, erwärme die Glasplatte, lasse den Siegellack von der Flamme bestreichen, bis seine obere Schicht schmilzt, und bringe dann schnell die Platte darauf. Der Siegellack muß sichtlich am Metall und am Glase haften; anderenfalls ist die Verbindung sicherlich undicht. Es ist äußerst zweckmäßig, rund um die Fuge mit einer ganz kleinen spitzen Gasflamme über den Siegellack hinzufahren, bis derselbe leicht über die Oberflächen hinfließt. Zum Evakuieren kann man eine Quecksilber- oder eine mechanische Pumpe benutzen. Falls die Pumpe im geringsten undicht ist, sollte man einen Glashahn zwischen Pumpe und Rohr einschalten und alle Verbindungen aus Glas und Siegellack herstellen. Bei einiger Übung läßt sich der ganze Apparat in 15 Minuten herstellen, und ist das Rohr einmal hergerichtet, so kann man es für spätere Demonstrationen aufheben, wenn man dafür sorgt, daß es luftdicht mit Siegellack verkittet ist.

Mittels einer Linse konzentriert man Sonnenlicht oder Bogenlicht unter etwas schiefem Einfallwinkel direkt über dem Natriumstückchen, welches man zweckmäßig in die Mitte des Rohres gebracht hat. Man erhitzt das Rohr und kann nun durch das gegenüberligende Ende den hellen grünen Fluoreszenzfleck beobachten, wenn man darauf achtet, das Auge außerhalb des austretenden Strahles weißen Lichtes zu halten. Röhren wie die eben beschriebene genügen zwar vollauf für Demonstrationszwecke, sie sind indessen ungeeignet für langausgedehnte spektroskopische Untersuchungen; infolgedessen haben wir verschiedene Anordnungen versucht.

Der Apparat in seiner endgültigen Gestalt bestand aus einem nahtlosen dünnen Stahlrohr von 4 Zoll lichter Weite und 30 Zoll Länge; dasselbe hatte in der Mitte eine stählerne Retorte, welche eine größere Menge Natrium aufnehmen konnte. Die Retorte wurde in der Weise hergestellt, daß zwei kreisrunde Stahlscheiben an ein kurzes Rohr angesetzt wurden, welches gerade so weit war, daß es eng anschließend in dem großen Rohre gleiten

konnte. Die kreisförmigen Enden der Retorte waren in der Weise, wie es Figur 1 zeigt, mit

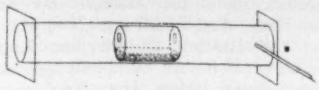


Fig. 1.

ovalen Öffnungen versehen. Die Retorte wurde zur Hälfte mit Natrium gefüllt; das geschmolzene Metall wurde durch eine der beiden Öffnungen eingegossen. Dann wurde die Retorte in das Rohr eingeführt und bis zur Mitte vorgeschoben, darauf die Glasplatten an den Enden festgekittet, wie aus der Figur ersichtlich. Durch diese Anordnung wurde die schnelle Diffusion des Dampfes vermieden und die Möglichkeit geboten, in der Mitte des Rohres einen großen Vorrat von Metall zu haben. Die Röhren, wie ich sie bei meiner früheren Arbeit benutzt habe, erforderten nach zweistündigem ununterbrochenem Arbeiten eine Neubeschickung, wohingegen das Retortenrohr mit einer einzigen Füllung mehrere Hundert Stunden lang benutzt werden konnte.

Der zur Beleuchtung dienende Strahl wurde genau durch eine der ovalen Öffnungen in die Retorte hinein konzentriert und an der gegenüberliegenden Wand genau an einer Seite der anderen Öffnung aufgefangen. Das Ende des großen Rohres war mit einem schwarzen Tuch bedeckt; durch diese Vorkehrung war es möglich, den Fluoreszenzfleck auf dem tiefschwarzen Hintergrunde der zweiten Öffnung zu sehen.

Zur photographischen Aufnahme der Spektren wurde ein Spektrograph mit drei Prismen konstruiert. Die Prismen waren aus klarem dichtem Flintglas; sie waren 4 Zoll hoch; die Brennweite der Linsen betrug 36 Zoll.

Der monochromatische Beleuchtungsapparat, welcher das angenähert homogene Licht zur Erregung der Fluoreszenz lieferte, war in der Weise angeordnet, wie es Figur 2 zeigt. Ein

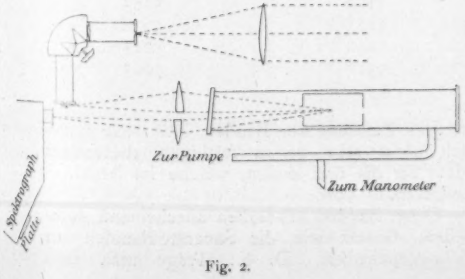


Fig. 2.

schmaler Streifen von versilbertem Glas von 2 mm Breite war vor dem zweiten Spalte des Instruments angebracht und reflektierte den austretenden Strahl in das Natriumrohr hinein. Mittels einer halbierten Linse wurde das Licht auf die Öffnung konzentriert und ein Bild des Fluoreszenzflecks auf den Spalt des Spektrographen entworfen. Es erwies sich als notwendig, die Linse zu halbieren und die beiden Hälften ein wenig voneinander zu trennen, weil sonst das Bild des Fluoreszenzflecks auf den kleinen Spiegel zurückgeworfen wurde. Es zeigte sich, daß die skizzierte Anordnung die einzige war, welche ein Bild des Fluoreszenzflecks auf einem absolut schwarzen Hintergrund zu geben imstande war. Es war von außerordentlicher Wichtigkeit, dieses Ziel zu erreichen, denn sonst wäre es nicht möglich gewesen, zu entscheiden, ob das Fluoreszenzlicht die gleichen Wellenlängen enthielt wie das erregende Licht, oder nicht. Aus demselben Grunde war es wichtig, alle Spuren umhertreibender Oxydteilchen los zu werden. Diese verursachten bei der früheren Arbeit viele Störungen, dagegen zeigte es sich, daß nach halbstündigem Funktionieren des neuen Rohres jede Spur davon verschwunden war. Zur Prüfung der Reinheit der Atmosphäre in dem Rohre und der Schwärze des Hintergrundes brauchte man nur die Prismen des monochromatischen Beleuchtungsapparates auf eine Wellenlänge einzustellen, welche keine Fluoreszenz zu erregen vermag. Der hellste Teil des Spektrums im gelben Gebiet, nicht weit unterhalb der Natriumlinien, entsprach dem Zwecke vorzüglich.

Mit Hilfe zweier rechtwinkliger Prismen ließ sich der monochromatische Strahl durch einen kräftigen Strahl Sonnenlicht ersetzen; dadurch war die bequeme Möglichkeit geboten, das Spektrum der durch weißes Licht erregten Fluoreszenz zu photographieren oder zu beobachten.

Bei Beleuchtung mit weißem Lichte besteht das Fluoreszenzspektrum aus einer großen Anzahl verwaschener Linien; dieselben sind im gelben und gelbgrünen Gebiet in Gruppen oder Banden angeordnet, welche in der Umgebung der D-Linien nahe beieinander liegen, sich jedoch gegen das Gebiet des Blau hin mehr und mehr voneinander entfernen. Mit der D-Linie zusammenfallend tritt eine verwaschene Bande auf; das benachbarte Gebiet ist aber fast frei von Licht. Ist der Dampf nicht zu dicht, so läßt sich die Bande zu einer Doppellinie auflösen, deren Komponenten mit D_1 und D_2 koinzidieren. Diese Linien treten nur dann auf, wenn der Dampf mit Licht von der Wellenlänge der Natriumlinien erregt wird, d. h. das Fluoreszenzlicht kann

angesehen werden als eine Lichtemission seitens der Elektronen infolge der durch das auffallende Licht erregten Schwingungen. Der Beweis hierfür wurde auf zweierlei Weise geführt: Einmal wurde der Dampf mit dem Lichte einer sehr intensiven Natriumflamme beleuchtet; dadurch wurde eine helle gelbe Fluoreszenz hervorgerufen. Zweitens wurde der Dampf mit Licht aus einem Spektroskop beleuchtet und dabei die Wellenlänge kontinuierlich verändert; die gelbe Bande trat nur dann auf, wenn das Spektroskop Licht von der Wellenlänge der D-Linien lieferte. Weitere Forschung wird hoffentlich dartun, ob die D_1-Schwingung unabhängig ist von der Schwingung, welche D_2 hervorbringt. Um diese interessante Frage zu lösen, wird es erforderlich sein, den Dampf nur mit D_2-Licht zu beleuchten und sich zu vergewissern, ob beide Linien im Fluoreszenzspektrum vorhanden sind oder nicht, eine zwar schwierige, aber zweifellos ausführbare Untersuchung. Es ist ferner eine rote Fluoreszenz vorhanden, deren Spektrum nach der Ansicht von Wiedemann und Schmidt frei von Banden oder Linien sein soll. Dies ist indessen nicht der Fall, denn das Spektrum erwies sich im Rot von einer großen Anzahl dunkler Banden durchquert. Dieselben sind viel schwerer zu beobachten als die grünen Banden und sind nur dann deutlich sichtbar, wenn der Dampf eine beträchtliche Dichte hat; dieser Umstand läßt es erklärlich erscheinen, daß sie bisher übersehen worden sind. Das allgemeine Aussehen des von weißem Licht erregten Fluoreszenzspektrums zeigt Figur 3. Auf dieser Photographie sind das rote Gebiet und die Doppelbande bei den D-Linien nicht wiedergegeben.

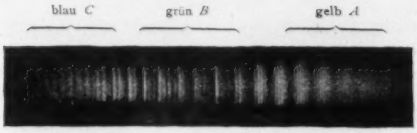


Fig. 3.

Im blauen und blaugrünen Gebiet sind die Linien und Banden des Fluoreszenzspektrums unregelmäßig verteilt. Von $\lambda = 5050$ bis $\lambda = 5071$ hat man ein regelmäßig verteiltes System von Linien, welche näher und näher aneinander rücken, wenn man sich dem weniger brechbaren Ende des Spektrums nähert. Diese Linien bilden in ihrer Gesamtheit ein System von Banden, und das Spektrum hat ein kanneliertes Aussehen. Der Abstand zwischen den Banden wird auch kleiner, wenn man sich dem brechbaren Ende nähert. Bei Beleuchtung mit weißem Lichte lassen sich die Banden im gelben Gebiet nicht unterscheiden; dagegen kann man bei Erregung der Fluoreszenz durch blauviolettes Licht die Banden bis an das äußerste Ende des Spektrums ($\lambda = 5710$) verfolgen. Die Banden ändern ihre Lage ein wenig, wenn sich die Wellenlänge des erregenden Lichtes ändert, aber die Linien, aus denen sie sich zusammensetzen, verharren in ihrer Lage. Der tatsächliche Vorgang scheint in einer Veränderung der Intensitätsverteilung unter den einzelnen Linien zu bestehen.

Das gelb-grün-blaue Fluoreszenzspektrum läßt sich noch in drei Teile einteilen, welche wir mit A, B und C bezeichnen wollen. Das Gebiet A wird von der Wellenlänge 5710 und 5000 begrenzt; es besteht aus regelmäßig verteilten Linien, welche zusammen infolge der periodischen Intensitätsschwankungen ein Bandensystem bilden. Der Bezirk B, zwischen 5000 und 4770, setzt sich zusammen aus unregelmäßig verteilten Linien, die oft auf einer Seite verschwommen sind und in Breite variieren. Dieses Gebiet enthält die ersten drei Banden der schon erwähnten Gruppe, doch sind besondere Vorsichtsmaßregeln erforderlich, um sie sichtbar zu machen. Bei dichtem Dampf und bei Beleuchtung mit Licht von der eigenen Wellenlänge (etwa 4500), sieht man das Gebiet sich in drei breite Flecken teilen; mit anderen Worten: es findet eine periodische Intensitätsschwankung statt, gleichwie im Gebiet A. Der Bezirk C, zwischen den Wellenlängen 4770 und 4680, besteht aus sehr breiten Linien, welche ziemlich regelmäßig verteilt und zum größten Teile paarweise angeordnet sind.

Diese drei Gebiete sind in Figur 3 durch Klammern bezeichnet.

Die Lagen der Banden, welche anscheinend ihren Ursprung in den periodischen Intensitätsschwankungen der Linien haben, sind in der folgenden Tabelle angegeben:

4791	5415
4882	5465
4971	5510
5050	5551
5120	5585
5185	5620
5246	5645
5316	5665
5361	

Das Zentrum der Banden läßt sich natürlich nicht sehr genau festlegen, besonders nicht für die drei ersten, welche im Bezirk B auftreten.

Diese Banden gehorchen anscheinend demselben Gesetz wie die Sauerstoffbanden im Sonnenspektrum. D. h.: Trägt man ihre

Wellenlängen als Abszissen auf, und nimmt man Ordinaten, welche um gleiche Beträge wachsen, so erhält man eine Kurve, welche angenähert eine Parabel ist. Auf diese Weise läßt sich die Lage der Hauptkomponenten der Gruppe berechnen; es ergibt sich für sie die Wellenlänge 5715. Es fehlten also zwei Banden; eine derselben wurde später bei 5676 gefunden in einem Spektrum, das mit blauviolettem erregendem Lichte, dichtem Dampf und langer Expositionsdauer erhalten wurde: durch noch längere Expositionsdauer würde wahrscheinlich eine Spur der ersten Bande bei 5710 nachgewiesen werden können.

Wie bereits gesagt, verändern diese Banden ihre Lage, wenn sich die Wellenlängen des erregenden Lichtes ändern. Die Verschiebungen sind am größten in dem Gebiete zwischen $\lambda = 5150$ und $\lambda = 5450$, wo sie bis zu der vollen Breite der Bande oder 25 Å.-E. betragen können. Die Banden in der Nachbarschaft von $\lambda = 5550$ beharren in ihrer Lage, was wahrscheinlich für alle weniger brechbaren gilt. Ich war anfangs der Ansicht, daß die Hauptkomponente der Gruppe stehen bleibe und die Gruppe sich weiter öffne oder sozusagen verbreitere, doch scheint das nicht der Fall zu sein. Das Gesetz, welches die Bewegung dieser Banden regelt, falls ein solches besteht, läßt sich nicht bestimmen, solange wir nicht eine größere Anzahl von Photographien gewonnen haben. Die wahrscheinliche Ursache der Bewegung wird gleich ersichtlich werden. Die Wellenlängen der Linien, welche in ihrer Gesamtheit die kannelierten Banden bilden, wurden durch Kalibrierung der Kurve des Spektrographen bestimmt und sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Ich glaubte anfänglich, daß sie dem Gesetz konstanter zweiter Differenzen gehorchen würden, doch war dies nicht der Fall. Es ist bisher noch nicht möglich gewesen, die Linien oberhalb $\lambda = 5550$ zu messen, obwohl die Banden bis 5710 reichen.

Wellenlängen der hellen Linien im Fluoreszenzspektrum des Natriumdampfes.

5553		5486
5548		5481
5543,5		5477
5539		5462
5535		5458
5531		5453
5514		5447
5510		5442,5
5505		5437
5499		5431
5495		5426
5491		5421
5399		5103
5393		5096
5387		5088
5381		5080
5376		5072
5370		5049
5364		5040
5359		5034
5351	schwach	5025
5344		5000
5338		4995
5332		4988
5327		4980
5321		4964
5315		4959
5309		4934
5302		4925
5296		4912
5289		4904
5283		4895
5276		4885
5270		4875
5264		4867
5258		4860
5252		4850
5246		4839
5239		4821
5232		4812
5226		4803
5219		4795
5213		4785
5206		4778
5202	schwach	4769
5194		4759
5188		4753
5180		4743
5173		4739
5166		4733
5159	schwach	4728
5149		4716
5141		4704
5134		4695
5127		4684
5120		
5113		

Erregung mit monochromatischem Licht.

Nachdem ich hier in Kürze das allgemeine Aussehen des Spektrums in dem Falle geschildert habe, daß die Fluoreszenz durch weißes Licht hervorgerufen wird, wollen wir nunmehr den Fall monochromatischer Erregung betrachten. Bei der gesamten früheren mit Herrn Moore zusammen ausgeführten Untersuchung und auch während der ersten Stadien der gegenwärtigen Arbeit beobachtete ich keine Spur irgendwelcher Emissionsbanden bei den *D*-Linien, noch irgendwelche Fluoreszenz, wenn die Prismen des monochromatischen Beleuchtungs-

apparats so eingestellt waren, daß das Instrument Licht von angenähert der Wellenlänge der *D*-Linien lieferte. Wiedemann und Schmidt, und unabhängig davon der Verfasser, hatten jedoch eine helle Bande bei den *D*-Linien beobachtet bei Natriumdampf, der in evakuierten Glaskolben gebildet wurde, Beobachtungen, welche auch von Puccianti bestätigt worden sind, der kürzlich über diesen Gegenstand eine interessante Arbeit veröffentlicht hat.[1])

Es erschien wahrscheinlich, daß in dem Falle, wo eine große Dampfmasse in einem Stahlrohr eingeschlossen war, diejenige Strahlung, welche die Fluoreszenz der *D*-Linie hätte erregen können, in der umgebenden verhältnismäßig dünnen Dampfmasse absorbiert wurde, noch ehe sie in der dichten Dampfmasse zur Konzentration gelangte. Es erwies sich als schwierig, die Erscheinung in Glaskölbchen zu beobachten wegen der Bildung eines Natriumniederschlags an der Wandung und der schnellen Verfärbung des Glases. Ich griff deshalb zu der in Figur 4 wiedergegebenen Anordnung. Ein kleines Stück reinen Natriums

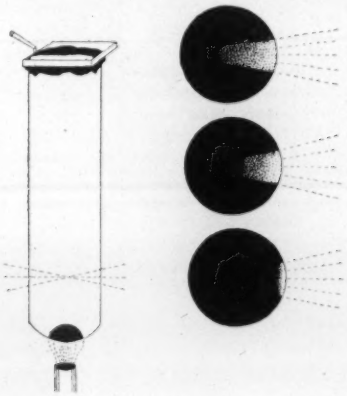


Fig. 4.

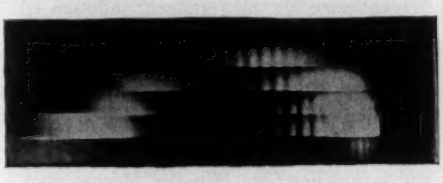
wurde in ein großes Probierglas gebracht, dasselbe mit einer Glasplatte luftdicht verkittet und mit einem Ansatzrohr zum Auspumpen versehen. Man kann mit einer hellen Natriumflamme eine weit kräftigere Strahlung der *D*-Linie erhalten als von einem ausgeblendeten Teil des Spektrums. So verzichtete ich denn auf den monochromatischen Beleuchtungsapparat und benutzte an Stelle desselben eine reichlich mit Natrium beschickte Knallgasflamme. Mittels einer Linse entwarf ich ein Bild dieser Flamme in dem Probiergläschen unmittelbar oberhalb des Natriumstückchens. Erhitzte ich das Glas langsam und betrachtete dann das Innere durch das Deckglas, so beobachtete ich einen schwachen gelben Lichtkegel, der sich jedoch nur bis in die Mitte des Probierglases erstreckte, da die wirksame Strahlung eine größere Tiefe nicht zu durchdringen imstande ist. Dieses Stadium ist in dem oberen Diagramm der Figur 4 wiedergegeben. Mit steigender Temperatur und zunehmender Dichtigkeit des Dampfes nahm die Fluoreszenz an Helligkeit zu, dabei zog sich das Gebiet gegen die Wandung zurück, bis nur eine helle gelbe Lichthaut zurückblieb, welche die Wandung des Probierglases an dem Punkte umsäumte, wo die erregende Strahlung eintrat, wie es das untere Diagramm darstellt. Das Experiment lieferte den bündigen Beweis dafür, daß Natriumdampf die Fähigkeit besitzt, ein gelbes Licht wieder auszusenden, wenn er das Licht einer Natriumflamme absorbiert. Das Aussehen des gelben Kegels und sein Verhalten bei zunehmender Dichtigkeit des Dampfes bewies, daß es sich tatsächlich um eine Wiederaussendung absorbierten Lichtes handelt und nicht um eine Zerstreuung von Licht seitens umherirrender Oxydteilchen.

Ich machte darauf einen Versuch, die gleiche Erscheinung in dem stählernen Retortenrohr zu beobachten. Ich entwarf ein Bild der Flamme auf das Fenster der Retorte und beobachtete einen deutlichen gelben Lichtfleck, wenngleich derselbe sich zu schwach erwies, um eine befriedigende Beobachtung in dem großen Spektrographen zu gestatten. Ich griff nun nochmals auf den monochromatischen Beleuchtungsapparat zurück und war überrascht, ohne die geringste Schwierigkeit eine helle Emissionsbande bei den *D*-Linien zu finden, welche sich als doppelt erwies, wenn die Dichtigkeit des Dampfes nicht zu groß war. Die Bande besaß eine beträchtliche Helligkeit, wenn ich direktes Sonnenlicht benutzte. Die Tatsache, daß es mir bei den früheren Versuchen nicht gelungen war, diese Bande zu beobachten, mag zurückzuführen sein auf einen unzureichenden Grad der Luftverdünnung oder auf eine ungenügende Dichtigkeit des Natriumdampfes. Ich habe gefunden, daß bei lange Zeit fortgesetztem Arbeiten das Spektrum, was die Helligkeit anlangt, immer besser wird, ohne daß es mir irgendwie möglich gewesen wäre, den eigentlichen Grund hierfür ausfindig zu machen. Die Bande bei den *D*-Linien trat nur dann auf, wenn das Licht von einem entsprechenden Teile des Spektrums auf den Dampf fiel. Daraus ersieht man, daß das Elektronensystem, welches diese Linien erzeugt, unabhängig ist von demjenigen System, welches die kannelierten Spektren hervorbringt. Ob D_1 und D_2 miteinander in Zusammenhang stehen, ist noch nicht ent-

1) Atti Accad. Lincei **13**, 430, 1904.

schieden worden. Dazu wird es erforderlich sein, aus dem beleuchtenden Strahle die D_1-Strahlen auszuschalten, und zu beobachten, ob die Fluoreszenzbande dann doppelt ist oder nicht. Ich werde diese Untersuchung auszuführen versuchen.

Wir wollen nun das Aussehen des Fluoreszenzspektrums genauer betrachten, wenn das beleuchtende Licht aus einem mehr oder minder monochromatischen Strahle aus dem Beleuchtungsapparat besteht. Wie schon erwähnt, erscheint das gelbe Ende des Spektrums nur dann, wenn das erregende Licht blauviolett ist. Es ist wahrscheinlich, daß das gelbe Licht auch dann ausgestrahlt werden wird, wenn das erregende Licht dieselbe Wellenlänge hat, wenn auch eine derartige Strahlung bisher noch nicht entdeckt worden ist. Die Absorption für Strahlung in diesem Gebiet ($\lambda = 5710$ bis $\lambda = 5600$) ist sehr klein, und in allen bisher beobachteten Fällen erschien der Dampf praktisch schwarz. Das Gebiet der maximalen Fluoreszenz bewegt sich im Spektrum nach unten, wenn das erregende Gebiet sich nach oben bewegt, wie dies deutlich aus der in Figur 5 wiedergegebenen Reihe photographischer



Erregtes Gebiet. Fig. 5. D_2D_1

Aufnahmen ersichtlich wird. In dieser Photographienreihe ist das erregte Gebiet durch den hellen Bezirk links bezeichnet. Die unterste Photographie, *e*, zeigt sehr deutlich, daß, wenn die Erregung am violetten Ende erfolgt, nur die ersten fünf Banden am gelben Ende auftreten. Bei dem Spektrum *a* erfolgt die Erregung in der Mitte. Es treten Strahlungen sowohl oberhalb als auch unterhalb des erregten Gebiets auf, woraus hervorgeht, daß das Stokessche Gesetz hier nicht gilt. (Dies tritt besonders deutlich in Figur 6 zutage, wo

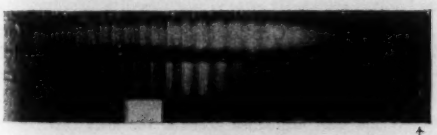


Fig. 6. D_2D_1

das erregende Gebiet durch ein weißes Rechteck bezeichnet ist.) — Ich hielt es für wünschenswert, erregendes Licht von noch größerer Homogenität zu erhalten, als solches durch den monochromatischen Beleuchtungsapparat geliefert wird, und so versuchte ich es denn mit einem Quecksilberlichtbogen in einem Quarzrohr. Obschon das Licht außerordentlich intensiv war, und obschon seine Strahlung eine Reihe von Linien in dem gewünschten Gebiet enthielt, so erwies es sich doch als unmöglich, die geringste Spur von Fluoreszenz zu erhalten. Keine der Perioden traf genau richtig zu, und die Elektronen blieben in Ruhe. Das Licht des Kadmiumfunkens, obwohl es viel weniger intensiv war, erregte die Fluoreszenz; es ist indessen bislang noch nicht festgestellt, bis zu welchem Grade der „kontinuierliche Hintergrund" seines Spektrums für die Erscheinung verantwortlich zu machen ist. Die Untersuchungen nach dieser Richtung hin sollen im kommenden Jahre fortgesetzt werden.

Auf das Wandern der Banden, welches aller Wahrscheinlichkeit nach von einer Änderung in der Intensitätsverteilung über die einzelnen Linien herrührt, wenn die Wellenlänge des erregenden Lichtes sich ändert, auf dieses Wandern habe ich bereits oben hingewiesen. In den ersten Stadien der Untersuchung war es notwendig so zu arbeiten, daß die Spalte des monochromatischen Beleuchtungsapparats weit offen waren. Späterhin, als die Methoden verbessert wurden, erwies es sich möglich, sie nach und nach zu verengern, bis ich schließlich ein für die Beobachtung hinreichend intensives Fluoreszenzspektrum erhielt mit Spaltöffnungen von nicht viel mehr als Haaresbreite. Ich beobachtete alsbald eine bemerkenswerte Erscheinung: die geringste Änderung in der Wellenlänge des erregenden Lichtes bewirkte ein ganz ungewöhnliches Umherflattern der Spektrallinien. Es war vollkommen unmöglich, die Veränderungen mit dem Auge zu verfolgen, so komplexer Natur waren sie. Wenn eine Linie verschwand oder wieder auftauchte, vertauschten oftmals die scharfe und die verwaschene Kante ihren Platz. Der Anblick erinnerte an eine Fahne, die bald auf der einen, bald auf der anderen Seite des Mastes flattert. Es läßt sich sicherlich durch ein sorgfältiges Studium dieser Veränderungen, welches nur auf photographischen Wege möglich ist, noch ungeheuer viel Aufschluß über die Natur der Spektren erlangen. Ich habe geschätzt, daß zu einer vollständigen Aufzeichnung der Änderungen, welche auftreten, wenn die Wellenlänge des Lichtes sich über das Gebiet von 4500—5500 hin bewegt, fünfzig oder hundert Photographien erforderlich sein werden. Da nun jede Aufnahme eine Expositionsdauer von vier oder fünf Stunden erfordert, so sieht man, daß die Aufgabe keine kleine ist. Wenn man dann die Spektren hintereinander auf den Film eines

Kinematographen kopieren und sie auf einen Schirm projizieren würde, so würde es möglich werden, die wunderbaren Veränderungen, welche auftreten, mit aller Muße zu verfolgen.

Zurzeit, da ich diese Arbeit niederschreibe, habe ich erst ein halbes Dutzend Photographien gewonnen, von denen drei in Figur 7 reproduziert sind. Beim Druck- und Reproduktionsverfahren sind viele Einzelheiten verloren gegangen. Ich habe deshalb in Figur 8 auf Koordinatenpapier eine sorgfältige Zeichnung ausgeführt, welche alle die Einzelheiten wiedergibt, die auf den Originalnegativen erkenntlich sind. Das Spektrum der durch weißes Licht erregten Fluoreszenz (*A*) ist in dem unteren Streifen wiedergegeben, die mit annähernd homogener Strahlung erhaltenen Spektren weiter oben; diese Anordnung in Figur 8 ist dieselbe wie die der Photographien in Figur 7.

Fig. 7.

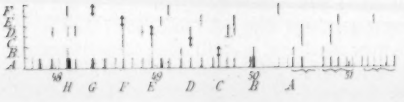


Fig. 8.

Eine Anzahl von Linien in dem vollständigen in Figur 7 wiedergegebenen Spektrum ist mit den Buchstaben *A*, *B*, *C*, *D* usf. bezeichnet worden. Diese Bezeichnungen entsprechen den Buchstaben in der Zeichnung Figur 8. Die Buchstaben am linken Rande sollen es ermöglichen, die photographierten Spektren mit den entsprechenden der Zeichnung zu identifizieren.

Diejenige Linie, bei der die Erregung stattfindet, ist durch einen Doppelpfeil kenntlich gemacht. Diese Linie tritt im Fluoreszenzspektrum immer auf. Beispielsweise liegt im Spektrum *B* die Erregung bei der Wellenlänge 4962. In diesem Falle treten sowohl drei Linien von kürzerer Wellenlänge auf, als auch die Linie bei 5000 und die Linien bei 5040 und 5071, welche den oben erwähnten durch Klammern bezeichneten Linien- oder Bandengruppen angehören. Im Spektrum *C* liegt die den Dampf erregende Strahlung bei 4935, und wir erhalten ebenfalls die zweite Linie in jeder der beiden ersten Gruppen. In dem unmittelbar darüber abgebildeten Spektrum *E* dagegen wird bei 4866 erregt, und wir erhalten die dritte Linie in der zweiten und dritten Gruppe, während diese Linie in der ersten Gruppe fehlt, selbst wenn die Erregung des Dampfes mittels weißen Lichtes herbeigeführt wird. Im Spektrum *F* erhalten wir bei Erregung mit der Wellenlänge 4839 eine andere Serie von Linien. Die Ursache des früher beobachteten Wanderns der Banden wird sofort klar: die einzelnen Linien gehören eben zu verschiedenen Gruppen von Elektronen. Die Anzahl dieser Gruppen ist noch nicht festgestellt worden, aber die Photographien deuten darauf hin, daß es deren mindestens vier und wahrscheinlich noch mehr sind. Es ist bisher noch nicht möglich gewesen, die genauen Einzelheiten zu studieren, welche das Auftreten und Verschwinden einer Linie begleiten, Einzelheiten, welche sogar von noch größerem Interesse sind; die Arbeit eines weiteren Jahres über diesen Gegenstand wird indessen zweifellos fruchtbare Ergebnisse liefern. Längere Expositionsdauern werden uns ohne Zweifel die Möglichkeit gewähren, diese Beziehung über einen ausgedehnteren Wellenlängenbezirk hin zu verfolgen; indessen erhellt schon aus dem bisher Bekannten, daß die Änderung in der scheinbaren Lage einer Gruppe von Linien oder Banden das Ergebnis einer Änderung der Intensitätsverteilung auf die einzelnen Linien ist, aus welchen sich die Gruppe zusammensetzt.

Diese Versuche zeigen in überzeugender Weise, wie kompliziert der Bau des Mechanismus ist, den wir das Natriummolekül zu nennen pflegen. Professor Rowland hat einmal gesagt, daß ein Molekül komplizierter sei als ein Klavier. In den meisten Fällen haben wir nichts weiter vermocht, als die ganze Klaviatur gleichzeitig anzuschlagen; im Falle des Natriums aber erscheint es möglich, eine einzelne Taste zur Zeit anzuschlagen. Eine Untersuchung der Fluoreszenzspektren anderer Dämpfe wird unzweifelhaft viel dazu beitragen, das Wunder des Mechanismus der molekularen Strahlung zu beleuchten.

Diese Untersuchungen sind mir durch die materielle Unterstützung seitens des Rumford-Fonds der Amerikanischen Akademie ermöglicht worden. Große Hilfe hat mir auch Herr A. H. Pfund geleistet, für dessen Dienste ich dem Carnegie-Institut zu Dank verpflichtet bin.

(Aus dem Englischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 23. Oktober 1905.)

Über die Umwandlung disruptiver Entladungen in konstanten Strom.

Von W. Holtz.

Seit Jahren habe ich mich mit der Frage beschäftigt, ob sich die Entladungen der Induktionsapparate nicht in eine konstante Strömung verwandeln ließen, wodurch man eine Stromquelle gewönne, welche, wenn auch intensiv geringer, doch quantitativ die Leistungen der Influenzmaschinen übertreffen würde. Ich verglich hierbei den Induktionsapparat mit einem hydraulischen Widder, bei dem wir ja auch einen Strom niederen Druckes in einen Strom höheren Druckes verwandeln und zugleich mit Hilfe eines Ventils, eines Windkessels und einer engen Ausflußröhre statt intermittierenden Flusses eine konstante Strömung erzeugen können. Es dreht sich also um die Frage, ob nicht auch beim Induktionsapparat ähnliche Mechanismen eine ähnliche Wirkung haben möchten.

Elektrische Ventile gab es schon längst, das Gaugainsche (Fläche und Spitze), eine Flamme und das Trichterventil in verdünnten Gasen. Dem Windkessel als Ansammlungsapparat mußte eine Leydner Flasche, der engen Ausflußröhre ein schlecht leitender Schließungsbogen entsprechen. Ich versuchte dies, indem ich zwischen die Pole des Apparats und die Belege der Flasche je eines der genannten Ventile brachte, an einem Pole natürlich umgekehrt als an dem andern, und die Belege gleichzeitig durch angefeuchtete Schnüre mit den Spitzen eines kleinen Funkenapparats verband. Ich hoffte, so zwischen letzteren statt intermittierender Funken eine mehr gleichförmige, büschelartige Strömung zu gewinnen. Als der gewünschte Effekt ausblieb, vervielfältigte ich die Ventile, indem ich beiderseits 4—6 solche hintereinander stellte. Aber auch dies hatte keinen Erfolg; es fand nicht die nötige Aufspeicherung statt, weil die Ventile die in die Flasche geworfenen Elektrizitäten nicht genügend absperrten, sondern wieder rückwärts fließen ließen. Freilich stand mir nur ein kleiner Induktionsapparat mit 2 cm großer Schlagweite zu Gebote, aber auch bei solchem hätte ich bei richtiger Ventilwirkung etwas Besseres erreichen müssen.

Ich gab dann die Versuche auf, nicht weil mir die Idee überhaupt, wohl aber vorläufig wegen der Mangelhaftigkeit der bisher bekannten Ventile unausführbar schien. Nach Entdeckung der Aluminiumzelle versuchte ich es mit dieser, indem ich beiderseits mehrere solche hintereinander und gleichzeitig je eine Luftstrecke interpolierte, konnte aber auch so nichts erreichen. Inzwischen hat Wehnelt (siehe Sitzungsber. der Phys.-med. Soz. zu Erlangen, 37 S. 264) ein Ventil entdeckt, das dem vorliegenden Zwecke wohl besser entsprechen könnte. Ich würde jedoch fürs erste mit demselben nicht experimentieren können. Deshalb entschloß ich mich zu dieser Mitteilung, um mir wenigstens die Priorität der Idee zu sichern.

(Eingegangen 6. November 1905.)

Untersuchung der Kohäsion strömender Flüssigkeiten mittels des Vakuum-Überhebers.

Von C. Steinbrinck.

In der Zeitschr. f. Phys. u. Chem. Unterricht, S. 152 hat A. Weinhold einen „Vakuumheber" beschrieben und abgebildet, worin er trotz der Luftleere Wasser über die Höhe von 60—70 cm, nasses Quecksilber über 30—40 cm, infolge der Kohäsion dieser Flüssigkeiten, hinwegzuhebern vermochte.[1]) Diesen Vakuumheber habe ich nun unter bereitwilliger und sachverständiger Mitwirkung der Glashütte von Emil Gundelach in Gehlberg in Thür. und unterstützt durch eine pekuniäre staatliche Beihilfe zu vervollkommnen gesucht, einerseits um ihn zu einem zuverlässigen und besonders ohne Bruchgefahr versendbaren Unterrichtsmittel auszubilden, andererseits um mit Vakuum-Überhebern, d. h. Vakuumhebern, in denen die Flüssigkeit weit über die barometrische Grenze der Atmosphäre gehoben wird, die Kohäsion von Flüssigkeiten unter bisher nicht berücksichtigten Verhältnissen zu studieren.

1) Der genannte Apparat ist auf meine Anregung entstanden, indem ich von der Erwägung ausging, daß die Flüssigkeit im Heber nicht, wie gewöhnlich angenommen wird, durch den Luftdruck, sondern durch das Übergewicht der längeren Flüssigkeitssäule betrieben werde, dessen Zug sich, solange der Zusammenhang der Flüssigkeit ununterbrochen sei, wegen deren Kohäsion durch das Heberrohr hindurch auf das höher gelegene Flüssigkeitsniveau fortsetzen müsse. Diese Auffassung ist nun zwar von A. Weinhold nicht angenommen, vielmehr in mehreren Artikeln der obengenannten Zeitschrift eifrigst bekämpft worden (a. a. O. 1904, S. 346 ff., 1905, S. 153 ff.; vgl. meine Verteidigung 1904, S. 277 ff. und 1905, S. 24 ff.); dieselbe Ansicht hat jedoch Warburg, wie ich nachträglich erfahren habe, in seinem Lehrb. d. Exper.-Phys. schon seit längerer Zeit vertreten (s. 7. Aufl. 1903, S. 69) und auch Pfaundler hat sich (nach eigener brieflicher Mitteilung), unabhängig von Warburg und mir, in der „Physik des tägl. Lebens" 1904, S. 153 in demselben Sinne folgendermaßen ausgesprochen: „Es ist also nicht richtig, wenn man sagt, im gekrümmten Heber sei das Wasser durch den Luftdruck in Bewegung gesetzt, denn der Luftdruck hebt sich von beiden Seiten auf. Die treibende Kraft ist die Wassersäule *ab*; der Luftdruck bewirkt nur, daß die Wassersäulen in beiden Schenkeln sich nicht trennen und niedersinken." — Durch diese Auffassungsweise wird nach meiner Ansicht ein engerer Zusammenhang zwischen der Heberwirkung und den osmotischen Erscheinungen vermittelt, der der Erklärung der osmotischen Saugung zugute kommt (vgl. darüber die bot. Zeitschr. Flora 1904, S. 127 ff. und die Zeitschr. f. Phys. u. Chem. Unterr. 1905, S. 82 ff.).

Es liegen nämlich über die Kohäsion flüssiger Körper zwar eine Reihe älterer Beobachtungen von Askenasy, Berthelot, Dixon und Joly, Helmholtz sowie Worthington vor, und noch im Jahre 1902 haben sich Leduc und Sacerdote die Mühe nicht verdrießen lassen, ein Torricellirohr von 5 m Länge nach Art eines Barometers mit Wasser zu füllen, senkrecht aufzurichten und von der unteren Öffnung her zu evakuieren, um auf diese Weise die Kohäsion des Wassers zu prüfen (C. R. 134, 589—591, 1902).[1]) Alle diese Untersuchungen erstrecken sich jedoch nur auf die Kohäsion ruhender Flüssigkeiten. Da die betreffenden Beobachter aber meist hervorheben, daß eine verhältnismäßig geringe Erschütterung genüge, um den Riß der Flüssigkeit herbeizuführen, so ist anzunehmen, daß der Zusammenhang von Flüssigkeiten, die in Bewegung begriffen sind, um so labiler wird, je schneller ihre Bewegung fortschreitet und je mehr Anlässe zu Unregelmäßigkeiten der Bewegung, zu Strudelbildung usw. gegeben sind.

1) Die Wassersäule sank nicht herab. Als sie anstatt Wassers Quecksilber benutzten, gelang es ihnen nur, eine Säule von 30 cm im Rohre festzuhalten.

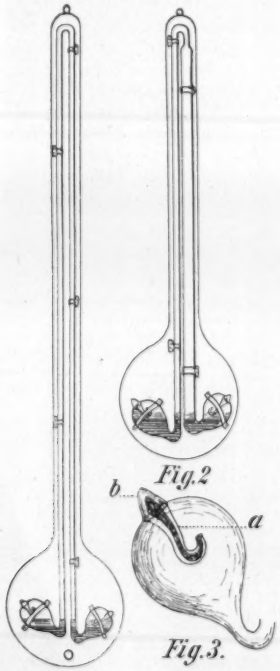


Fig.1.

Fig.2

Fig.3.

Der Vakuumheber gestattet es aber, die Kohäsion unter solchen Umständen zu prüfen, wobei sich die Schnelligkeit der Bewegung durch Niveauveränderungen im Heber variieren läßt und das Maß der Spannung von der Länge des Hebers abhängt. Aus diesem Grunde bin ich zu Heberlängen von 4 m aufgestiegen. Zur Herstellung solcher langer Vakuumheber genügt aber nicht mehr ein einfaches Auskochen derselben nach Art der Wasserhämmer; vielmehr wurden die Glasbehälter außerdem noch vorher möglichst heiß mit der Quecksilberluftpumpe entlüftet, oder es wurde aus einem großen Kochkolben stundenlang von der einen Seite her Wasserdampf hindurchgeschickt, während auf der anderen Seite die Wasserluftpumpe sog. — In jedem dieser Heber besteht die Füllflüssigkeit nun nicht allein aus Quecksilber, sondern zum Teil auch aus Wasser, indem dem letzteren die Rolle zufällt, das Anhaften des Quecksilbers an der Glaswand zu vermitteln. Während aber im fertiggestellten Heber beim Betrieb das Quecksilber fließt, sammelt sich das mitgerissene Wasser häufig stellenweise zu Säulchen, die den Quecksilberfaden unterbrechen und mit diesem ohne Störung vorwärtsschreiten. Infolgedessen ist ein solcher Apparat nicht nur geeignet, die Kohäsion des Quecksilbers, sondern auch die des Wassers zu prüfen. Denn in dem Augenblick, wenn, z. B. in einem Heber von 3 m Länge, eine Wassersäule den obersten Bug des Rohres durcheilt, hat diese, ebenso wie wenn sie aus Quecksilber bestände, einen Zug von rund 4 Atmosphären (nämlich 3 m Quecksilber) auszuhalten. Überdies ergibt sich bei näherer Prüfung der Verhältnisse, daß es zum Aufschluß über die Kohäsionsfestigkeit des Wassers des Vorhandenseins solcher isolierter Säulchen nicht einmal bedarf. Denn die Wasserhülle, welche den strömenden Quecksilberfaden umgibt, muß z. B. an der gefährdetsten Stelle des Hebers, nämlich da, wo sie im Bug des Heberrohrs die Kuppe des Quecksilberstromes an der Innenwand des Rohres festzuhalten hat, während ihre inneren Schichten nachweislich von dem vorbeifließenden Quecksilber mitgerissen werden, beiderseits das Quecksilbergewicht des kürzeren Schenkels tragen. Und wenn beispielsweise in einem Heber von 4 m Länge das Quecksilber trotz des Vakuums ununterbrochen fließt, so ist damit bewiesen, daß jene Wasserhülle trotz des scherenden Einflusses des Quecksilberstroms und trotz der Strudelbildung der starken Bugkrümmungen einem Zuge von 5 Atmosphären Widerstand zu leisten vermag.

Bei dem ursprünglichen Vakuumheber Weinholds war noch die Bruchgefahr groß, da die Stelle, an der der Heber nach dem Auskochen zugeschmolzen ist, beim Anprall von Queck-

silber sehr leicht abgesprengt wurde. Dieser Übelstand ist nunmehr durch die Einfügung des Sicherheitsröhrchens *a* in Fig. 3 beseitigt worden, das sich bereits früher bei Quecksilberbogenlampen bewährt hatte. Es schützt die Abschmelzspitze *b* vor dem direkten Stoß des Quecksilbers, das sich beim Anprallen, ohne Schaden anzurichten, an dem Gewölbe der benachbarten Gefäßwandung verteilt. — Einigen der Heber wurde übrigens die Form der Fig. 2 gegeben, bei der die Strudelbildung dadurch erheblich verstärkt ist, daß ein engeres Heberohr plötzlich in ein weiteres übergeht.[1])

Die erhaltenen Resultate sind nun folgende:

1. Sowohl das Quecksilber wie das Wasser hält, während es in Bewegung ist, unter Umständen einen Zug von mindestens 5 Atmosphären aus.

2. Die Kohäsionsfestigkeit nimmt mit zunehmender Geschwindigkeit der Bewegung im Heber ab.

3. Die Kohäsionsfestigkeit des Wassers ist bei geringen Kapillardimensionen des Stromes mutmaßlich erheblich größer als in weiten Röhren, übersteigt aber in einem Rohre von 2 mm lichter Weite bei einer Stromgeschwindigkeit von 1 cm pro Sek. noch den Betrag von 4 Atmosphären.

4. Unter Umständen vermögen auch stark gespannte Flüssigkeitsströme beträchtliche Erschütterungen auszuhalten. So konnte ich z. B. in einem Heber von 3 m Länge, bei dem sich in der Nähe seines oberen Bugs, den Quecksilberstrom unterbrechend, mehrere Wassersäulen befanden, die sich mit einer Geschwindigkeit von 2—3 cm pro Sek. fortbewegten, das Glasrohr in der Nachbarschaft einer Wassersäule des längeren Schenkels so heftig mit dem Finger beklopfen, daß das Wasser dieser Säule sich verteilte und, dem Quecksilberstrom entgegen, rasch aufwärts wirbelte, bis es sich mit der nächst höher gelegenen Wassersäule vereinigte, oder, wenn diese schon vorher in derselben Weise beseitigt worden war, in dem Bug sammelte, um sogleich als neugebildetes Säulchen an der Abwärtsbewegung der begrenzenden Quecksilberfäden wiederum teilzunehmen. Das Heberrohr konnte auch mit einem Holzstab kräftig angeschlagen, ja sogar der Apparat in freier Hand mit Kraftanstrengung derart geschüttelt werden, daß das Quecksilber in den unteren Gefäßen klirrend umherspritzte. Erst ein derbes Aufstoßen des Tragbrettes auf den Boden brachte den Riß der Flüssigkeit hervor. Allerdings war dieses hohe Maß von Stabilität ein Ausnahmefall. Warum der Festigkeitsgrad bei den Versuchen in sehr weitem Umfang variierte, ist noch nicht klargestellt.

5. Was den Einfluß der Temperatur anbetrifft, so habe ich an Hebern von 1,50 m Länge, die an mehreren heißen Sonnentagen nach stundenlangem Hängen im grellsten Sonnenschein bei ca. 35—40° C und an den folgenden Tagen in einem Eiskeller bei 0° geprüft wurden, keine durchschlagenden Unterschiede in der Kohäsionsfestigkeit konstatieren können. Bei den längeren Hebern schien die Stabilität zwischen 0° und 25° nicht erheblich verschieden, bei direkter längerer Sonnenstrahlung (35—40°) dagegen merklich herabgesetzt zu sein. (Wegen des Mangels an heißen Sonnentagen konnten in diesem Sommer nur wenige derartige Beobachtungen gemacht werden.)

6. Das Wasser besitzt die angegebene Festigkeit in den Hebern nur bei hochgradiger Entlüftung; andererseits war es in keinem der untersuchten Fälle vollkommen luftfrei.

Der ausführliche Bericht über diese Versuche soll wegen ihrer mutmaßlichen Beziehung zu dem Problem des Saftsteigens in den Pflanzen in den Jahrbüchern für wissenschaftliche Botanik erscheinen. (Eingegangen 10. Oktober 1905.)

1) Vgl. hinsichtlich dieses „asymmetrischen" Vakuumhebers auch Poskes Ztschr. f. d. Phys. u. Chem. Unterr. 1905, S. 285.

VORTRÄGE UND ABHANDLUNGEN VOM ERSTEN INTERNATIONALEN KONGRESS ZUM STUDIUM DER RADIOLOGIE UND IONISATION ZU LÜTTICH.

H. Geiger (Erlangen), Erscheinungen bei sehr starken Strömen in Entladungsröhren.

Strahlungsmessungen[1]) und Temperaturmessungen[2]) in Entladungsröhren konnten bisher nur bis zu einer Maximalstromstärke von etwa 20 Milliampere ausgeführt werden. Verwendet man aber nach A. Wehnelt[1]) als Kathode eines Entladungsrohres ein mit einer *CaO*-Schicht bedecktes, glühendes Platinblech, so gelingt es infolge des äußerst niedrigen Kathodenfalls bei Verwendung von Lichtleitungen

1) G. Berndt, Ann. d. Phys. **12**, 1101, 1903; K. Langenbach, Diss. Bonn 1902, Ann. d. Phys. **10**, 789, 1903; Simonsen, Diss. Kiel 1892; A. Kalähne, Wied. Ann. **65**, 827, 1898.

2) K. Kerkhof, Diss. Bonn. Auszug: Ann. d. Phys. **4**, 327, 1901, dort weitere Literaturangabe.

1) A. Wehnelt, Ann. d. Phys. **14**, 425, 1904.

(110 bezw. 220 Volt) Ströme von mehreren Ampere durch ein Rohr zu schicken. Es ist dadurch die Möglichkeit gegeben, die oben erwähnten Messungen innerhalb viel weiterer Grenzen der Stromstärke auszuführen.

Photometrische Messungen mittels eines Glanschen Photometers ergaben, daß auch innerhalb der Grenzen von 0,1 bis 1 Ampere die Lichtintensität für eine bestimmte Wellenlänge eines Gases sich darstellt als geradlinige Funktion der Stromstärke. Die Röhren von 2,5 und 3,5 cm Weite waren bei diesen Versuchen mit Stickstoff bezw. Wasserstoff gefüllt. Der Gradient auf der positiven Säule lag je nach dem Drucke zwischen 2 und 8 Volt/cm und war bei konstantem Drucke von der Stromstärke fast unabhängig. Er nimmt mit wachsender Stromstärke schwach ab. Bei sehr tiefen Drucken beträgt der Gradient nur 1 bis 2 Volt/cm und ist unabhängig von der Stromstärke zwischen den Grenzen 0,1 und 15 Ampere, wie A. Wehnelt[1]) gezeigt hat.

Die Gase in den Entladungsröhren nehmen beim Durchgang stärkerer Ströme hohe Temperaturen an. Beispielsweise wurde in einem 3,5 cm weiten Rohre bei einem Drucke von 0,48 mm (Gradient = 7 Volt/cm) und einer Stromstärke von 1,5 Ampere eine Temperatur von 1000° erreicht, wie eine bolometrische Messung ergab.

Äußerlich waren die hohen Temperaturen schon daran ersichtlich, daß dünne Platinsonden im positiven Lichte sich bis zur Weißglut erhitzten.

Es mag noch erwähnt werden, daß die Entladungsröhren ein ziemlich kräftiges und vor allem lang anhaltendes blaugraues Nachleuchten zeigten.

Weitere Messungen über die Temperatur und Strahlungsverhältnisse beim Durchgang starker Ströme durch Entladungsröhren sind im Gange und werden an anderem Orte folgen.

1) A. Wehnelt, diese Zeitschr. **5**, 680, 1904; Phil. Mag. **10**, 89, 1905; Zeitschr. f. phys. u. chem. Untr. **18**, 197, 1905.

Erlangen, Phys. Institut, November 1905.

(Eingegangen 7. November 1905.)

O. W. Richardson (Cambridge, England), Versuche über die anfängliche positive Elektrizitätszerstreuung aus heißem Platin.[1])

Der Verfasser hat schon früher[2]) gezeigt, daß ein sorgfältig gereinigter neuer Platindraht eine bedeutende positive Ionisierung gab, welche bei konstanter Temperatur asymptotisch mit der Zeit abfiel. Die prozentuale Abnahme ist am größten zu Anfang. In den meisten Fällen zeigte sich eine begrenzte Zunahme mit der Zeit, worauf alsdann die normalere Abnahme folgte.

Es stehen nun drei mögliche Erklärungen für diesen Effekt zur Untersuchung, nämlich:

1. Daß derselbe beruht auf Spuren einer flüchtigen — gasförmigen oder sonstigen — im Platin vorhandenen Verunreinigung;

2. daß derselbe darauf beruht, daß der Draht infolge eines Prozesses von der Art einer radioaktiven Umwandlung irgend etwas hervorbringt;

3. daß die Änderung in dem Vermögen, Ionen auszusenden, wird verursacht durch eine Änderung in der Molekularstruktur des Platins.

Die Erklärungsweise 2 wurde in der Weise geprüft, daß ein Platindraht, welcher erhitzt worden war, bis die Elektrizitätsabgabe sehr klein geworden war, in eine Vakuumröhre eingeschmolzen wurde. Der Draht zeigte ein schwaches Wiederansteigen, dessen Betrag gegenüber der anfänglichen Elektrizitätsabgabe klein war.

Die Prüfung der Erklärungsweise 1. erfolgte dadurch, daß der Elektrizitätsverlust verglichen wurde mit dem Betrage der Gasentwicklung aus dem heißen Drahte. Zwischen diesen beiden Größen besteht eine einfache Beziehung nicht. Anfänglich wird Gas entwickelt in einem Betrage, der etwa 100 Molekülen für jedes Ion entspricht; nachdem jedoch die Erhitzung einige Zeit hindurch fortgesetzt ist, ist der Betrag der Gasentwicklung nicht größer als 1 Molekül auf jedes Ion.

Es wurde ein weiterer Versuch angestellt, um die Theorie des okkludierten Gases zu prüfen. Ich nahm zwei gleiche Drähte, von denen ich den einen mit Wasserstoff, den anderen mit Sauerstoff sättigte, indem ich sie in verdünnter Schwefelsäure elektrisch polarisierte. Es fand sich, daß bei derselben Temperatur der anfängliche Elektrizitätsverlust sehr nahezu derselbe war.

Diese Versuche weisen darauf hin, daß der Effekt nicht von okkludiertem Gase herrührt, und daß er vielmehr ein Volumeneffekt als ein Oberflächeneffekt ist.

Frühere Versuche[1]) haben gezeigt, daß der Effekt von Phosphor herrühren könnte, wenn solches als Verunreinigung in dem Drahte vorhanden wäre.

Das Gesamtvolumen des Gases, welches aus einem Platin- und einem Silberdrahte gewonnen werden konnte, wenn dieselben bei sehr niederem Druck erhitzt wurden, wurde gemessen. Dasselbe wurde klein gefunden im Vergleich

1) Auszug.
2) Phil. Mag. (6) **6**, 80, 1903.

1) Richardson, Phil. Mag. (6) **9**, 407, 1905.

zu der Wasserstoffmenge, welche Skinner[1]) aus einer Silberkathode gewonnen hat.

1) Phys. Rev. **21**, 1, 1905.

(Aus dem Englischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 6. September 1905.)

Walter Makower (Manchester), Über die Methode der Übertragung der „erregten Aktivität" von Radium auf die Kathode.

Einleitung. Rutherford hat gezeigt[1]), daß, wenn ein negativ geladener Draht in einem geschlossenen Gefäß der Emanation von Thor ausgesetzt wird, die Menge der erregten Aktivität, welche in einer gegebenen Zeit auf dem Drahte niedergeschlagen wird, unabhängig ist von dem Drucke des Gases, mit welchem die Emanation gemischt ist, so lange dieser Druck oberhalb eines bestimmten Wertes liegt; daß hingegen unterhalb dieses Grenzwertes die an der negativen Elektrode abgeschiedene Menge erregter Aktivität bei Erniedrigung des Gasdruckes anfangs langsam, dann schneller abnimmt. Diese Erscheinung führt zu der Annahme, daß die erregte Aktivität im Augenblick ihrer Entstehung ungeladen ist, und daß sie erst infolge einer späteren sekundären Wirkung auf das Gas, in welchem sie erzeugt wird, die positive Ladung erlangt, durch die sie zur negativen Elektrode transportiert wird. Die vorliegenden Versuche wurden in der Absicht unternommen, die Natur dieser sekundären Wirkung zu erforschen.

Es scheinen bisher über diesen Punkt noch keine Experimente mit Radiumemanation angestellt worden zu sein. Aus diesem Grunde, sowie wegen des schnellen Abklingens der Thoremanation und der daraus entspringenden Unzuträglichkeiten beim Arbeiten mit dieser Substanz, habe ich bei der vorliegenden Untersuchung Radiumemanation angewandt.

Die Änderung des Betrags erregter Aktivität, welche in einer gegebenen Zeit auf einem negativ geladenen und einer konstanten Emanationsmenge ausgesetzten Draht abgeschieden wird, mit dem Drucke wurde sorgfältig untersucht. Es fand sich, daß die auf dem Drahte abgeschiedene erregte Aktivität bei niederen Drucken nicht nur von dem Druck des Gases abhing, sondern auch von dem Abstand zwischen positiver und negativer Elektrode.

Als Ergebnis einiger vorläufiger Versuche zeigte sich, daß die von dem Draht aufgenommene Aktivität innerhalb weiter Grenzen unabhängig war von der Potentialdifferenz zwischen den Elektroden. Bei diesen Versuchen wurde durchgehends eine Potentialdifferenz von ungefähr 60 Volt verwendet.

1) Phil. Mag. (5) **49**, 1—14, 1900 (diese Zeitschrift 1, 347, 1900).

Beschreibung des Apparates. Das zylindrische Metallgefäß V (Figur 1), welches nach Belieben mit Emanation gefüllt werden kann, ist mit dem positiven Pole einer Akkumulatorenbatterie von 30 kleinen Zellen verbunden. Der 14,5 cm lange Draht AB ist mit einem starken Draht AC verschraubt, welcher mit dem negativen Pol der Batterie verbunden ist und durch einen luftdicht schließenden Gummistopfen E im Halse des Gefäßes V hindurchgeführt ist. Der Teil AA' des Drahtes AC reicht etwa 6 cm weit in das Gefäß V hinein. An das untere Ende von AB ist ein anderer starker Draht BD von 6 cm Länge angeschraubt, so daß AB einem gleichförmigen elektrischen Felde ausgesetzt ist.

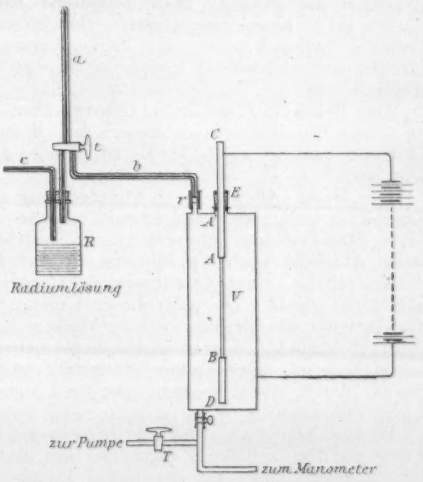


Fig. 1.

Um eine konstante Zufuhr von Emanation zu erhalten, wurde eine starke Radiumsalzlösung in die Glasflasche R gebracht. Diese ist mit einem Stopfen versehen, durch welchen eine lange Kapillare C hindurchgeht, welche ihrerseits bis an die Oberfläche der Lösung reicht, ohne indessen in dieselbe einzutauchen. Die Luft im Innern von R wird so auf Atmosphärendruck erhalten; und wenn man C hinreichend lang macht, so wird die Geschwindigkeit, mit welcher Emanation aus der Flasche durch Diffusion entweicht, gering. Nach mehrwöchentlichem Stehen zeigte es sich, daß die Konzentration der Emanation in der Luft über der Radiumsalzlösung merklich konstant geworden war.

Um ein bestimmtes Gasvolumen aus R in V überzuführen, wurde der geschlossene Schenkel des Dreiwegehahnes t durch die Kapillare b mit

dem Gefäß V verbunden, in welches b mittels eines Gummistopfens eingeführt war. Mit Hilfe einer Pumpe wurde das ganze System bis auf einen niedrigen Druck ausgepumpt und darauf die Pumpe durch Schließen des Hahnes T abgeschaltet. Dann wurde der Hahn t so gedreht, daß a mit R verbunden wurde, und, nachdem er kurze Zeit so gestanden hatte, wieder in die ursprüngliche Lage zurückgedreht. Auf diese Weise wurde das Gasvolumen a (etwa 2 cm) aus R in V übergeführt, und durch Wiederholung dieser Operation ließ sich jedes gewünschte Volumen Emanation nach V einführen.

Da das Volumen a immer klein ist gegenüber dem von V, so wird bei niederen Drucken praktisch die gesamte in a enthaltene Emanation in V hinein ausgeleert. Bei höheren Drucken läßt sich leicht eine kleine Korrektur für die in a verbliebene Emanationsmenge anwenden.

Der Druck in V wurde bei höheren Drucken an einem Quecksilbermanometer, bei tieferen Drucken mittels eines McLeod-Manometers abgelesen.

Der Draht AB wurde 30 Minuten lang der Emanation ausgesetzt und dann in einen anderen Metallzylinder übergeführt, in welchem seine Aktivität nach 15 Minuten in üblicher Weise mittels eines Quadrantenelektrometers untersucht wurde. Da unter diesen Umständen die Aktivität des Drahtes etwa 10 Minuten lang konstant bleibt[1]), so war es möglich, mehrere Beobachtungen über seine Aktivität auszuführen, deren Mittel in den Tabellen I bis III angegeben sind.

Beobachtungen und Ergebnisse. Es wurde mit drei Gefäßen V experimentiert, deren Durchmesser bezw. 1,1 cm (Gefäß I), 2,6 cm (Gefäß II) und 8,3 cm (Gefäß III) waren.

Der Druck der mit der Emanation vermischten Luft wurde variiert, und die von dem Drahte in 30 Minuten aufgenommene Emanation verzeichnet.

Im Gefäß I war es schwer, eine Berührung des Drahtes CD mit der Zylinderwand zu vermeiden. Die beschriebene Anordnung wurde deshalb ein wenig modifiziert, indem der Zylinder V etwas kürzer gemacht und der Draht BD an einen genau in das Ende des Zylinders passenden Gummistopfen befestigt wurde.

Für das Gefäß I war es erforderlich, mit sehr kleinen Gasmengen zu arbeiten, um hinreichend niedrige Drucke zu erhalten; die Kapillare a wurde deshalb nur einmal nach V entleert. In die Gefäße II und III wurde a zwei- bezw. dreimal entleert.

Der Maximalwert, dem die auf AB abgeschiedene Aktivität bei hohen Drucken zustrebt, ist für die drei Gefäße nicht derselbe wegen der verschiedenen Dimensionen und der Verschiedenheit der verwandten Emanationsmengen. Die erhaltenen Resultate sind in den Tabellen I bis III wiedergegeben, wo die Drucke in cm Quecksilber und die Aktivitätsmengen an dem Drahte in willkürlichen Einheiten angegeben sind.

In Figur 2 sind die Aktivitäten als Ordinaten und die Drucke als Abszissen gezeichnet, und zwar sind zur bequemeren Vergleichung die Maximalwerte der Aktivität in allen Fällen auf 100 reduziert.

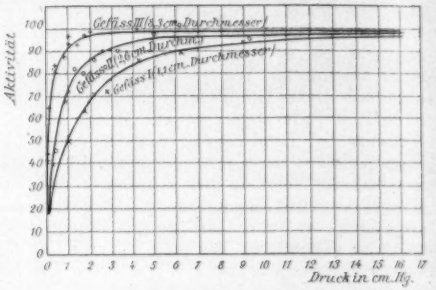


Fig. 2.

Tabelle I.

Gefäß I. Druck in cm *Hg*.	Durchmesser 1,1 cm. Aktivität auf dem Drahte.
15,3	180
8,9	174
6,35	167
2,65	134
1,7	120
0,95	93

Tabelle II.

Gefäß II. Druck in cm *Hg*.	Durchmesser 2,6 cm. Aktivität auf dem Drahte.
9,3	209
8,7	219
6,2	224
5,0	214
3,3	198,5
2,7	183
2,6	198
2,2	191
1,7	177
1,3	182
0,95	158
0,8	150
0,44	100
0,32	87
0,12	50

1) Miss Brooks, Phil. Mag. (6) **8**, 380, 1904.

Tabelle III.

Gefäß III. Druck in cm *Hg*.	Durchmesser 8,3 cm. Aktivität auf dem Drahte.
5,3	394
5.15	410
4,15	413
2,0	409
1,7	398
1,4	385
1,05	386
0,8	367
0,41	332
0,38	346
0,17	268
0,10	178
0,085	170

Diskussion der Ergebnisse. Die oben beschriebenen Experimente zeigen, daß bei geringen Drucken die erregte Aktivität, welche von der in einem geschlossenen Gefäß enthaltenen Radiumemanation herrührt, nicht auf die Kathode beschränkt ist, wie bei hohen Drucken, sondern über die Wandungen des umgebenden Gefäßes verteilt ist und, selbst in einem starken elektrischen Felde, sowohl an der Anode als an der Kathode auftritt. Genau dasselbe ist früher für Thoremanation gefunden worden [1]) und zeigt, daß der Vorgang der Überführung für die beiden Arten erregter Aktivität wahrscheinlich derselben Natur ist.

Aus den oben mitgeteilten Resultaten ist weiter zu entnehmen, daß in einem weiten Gefäß der Einfluß des Druckes auf die Konzentration der erregten Aktivität an der Kathode nur bei geringen Drucken merkbar wird, während sich dieser Einfluß in kleineren Gefäßen bereits bei viel höheren Drucken bemerkbar macht. Nimmt man daher an, daß die erregte Aktivität im Augenblicke ihres Entstehens ungeladen ist, so ist es klar, daß der Bruchteil von Partikelchen erregter Aktivität, welcher das Gas, indem sie entsteht, durchdringen und die Anode erreichen kann, ohne geladen zu werden, eine Funktion der Weglänge durch das Gas ist. Wie schon Rutherford gezeigt hat [2]), sind zwei Annahmen möglich über die Art und Weise, wie die erregte Aktivität eine positive Ladung erhalten kann:

1. Die erregte Aktivität kondensiert sich an den im Gase vorhandenen positiven Ionen und wird so an die Kathode geführt.

2. Die erregte Aktivität besitzt die Eigenschaft, ein negativ geladenes Teilchen auszutreiben, und wird auf diese Weise positiv geladen.

Um zwischen diesen beiden Hypothesen zu entscheiden, stellte Rutherford Versuche an, bei denen er die Anzahl der Ionen in dem die Emanation enthaltenden Gefäß durch äußere Mittel steigerte. Er fand dabei, daß der Betrag der in einer gegebenen Zeit an der Kathode abgeschiedenen Aktivität auf diese Weise nicht vermehrt wurde. Er verwarf aus diesem Grunde die erste Hypothese zugunsten der zweiten. Diese Versuche wurden indessen bei Atmosphärendruck ausgeführt, und es ist möglich, daß unter diesen Umständen die Anzahl der durch die Emanation erzeugten Ionen groß genug ist, um die erregte Aktivität ebenso schnell zu beseitigen wie sie entsteht; in diesem Falle würde dann jede weitere Zunahme der Ionisation ohne Wirkung sein. Um diesen Punkt noch näher zu untersuchen, stellte ich einige ähnliche Versuche bei niederen Drucken mit dem Gefäß III an. Die Wände des Gefäßes machte ich zur Kathode und den Draht in der Mitte zur Anode. Ich führte zwanzigmal das Volumen der Kapillaren *a* (Fig. 1) an Emanation in das Gefäß ein und ließ dieselbe dann $3^1/_4$ Stunden lang unter Atmosphärendruck stehen. Dann pumpte ich die Emanation möglichst schnell vollständig aus, führte einen neuen inaktiven Draht *AB* ein und kehrte die Feldrichtung um. Darauf führte ich einmal das Volumen der Kapillaren *a* in das Gefäß ein und setzte den Draht 30 Minuten lang bei einem Drucke von 1 mm *Hg* der Emanation aus. Obschon die Ionisation in dem Gefäß durch die erregte Aktivität, welche sich, während es vorher der Emanation ausgesetzt gewesen war, an den Wänden abgelagert hatte, etwa auf das Fünffache gewachsen sein mußte, zeigte sich dennoch, daß die Aktivität, welche sich auf dem Drahte angesammelt hatte, dieselbe war, als wenn die Wandung inaktiv war. Bei einem späteren Versuch brachte ich 7 mg reinen Radiumbromids während der Exposition des negativ geladenen Drahtes dicht an das Gefäß, ohne daß dadurch die Menge der in 30 Minuten an der Kathode abgeschiedenen erregten Aktivität beeinflußt worden wäre. Die zweite Hypothese ist also die einzige, welche die beobachteten Erscheinungen zu erklären vermag.

Interessant ist eine Überlegung über den Mechanismus, durch welchen ein negativ geladenes Teilchen von der erregten Aktivität während ihres Durchganges durch das Gas ausgetrieben wird. Im Augenblick der Bildung der erregten Aktivität treibt die Emanation, aus welcher sie entsteht, ein α-Teilchen aus [1]), wodurch der Rest selbst mit beträchtlicher Ge-

1) a. a. O.
2) Phil. Mag. (6) **5**, 111, 1903.

1) Die durch die Austreibung eines α-Teilchens auf der erregten Aktivität verbleibende negative Ladung kann durch gleichzeitige Aussendung eines sich langsam bewegenden β-Strahls neutralisiert werden (vergl. J. J. Thomson, Proc. Cambr. Phil. Soc. **13** (2), 49. . . . .)

schwindigkeit fortgetrieben werden muß. Diese Teilchen erregter Aktivität werden in ihrem Fluge mit den Molekülen des Gases, in dem sie erzeugt werden, zusammenstoßen, und es wird angenommen, daß bei einem gewissen Prozentsatz dieser Zusammenstöße ein negatives Teilchen abgeschleudert wird und die erregte Aktivität positiv geladen zurückläßt.

Daß diese Ansicht vereinbar ist mit den hier beschriebenen Experimenten, hat vor kurzem Herr W. H. Jackson gezeigt, welchem ich hier meinen Dank für mancherlei Anregung aussprechen möchte. Ich nehme hier gleichfalls Gelegenheit, Herrn Prof. Schuster zu danken für die Freundlichkeit, mit der er mir die Hilfsmittel seines Laboratoriums zur Verfügung gestellt hat, sowie für seine wertvollen Ratschläge.

(Aus dem Englischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 13. September 1905.)

Alex. de Hemptinne (Gent), Über die auf Ionisierungserscheinungen bezügliche Terminologie.

Zwischen den elektrisierten Teilchen von Flüssigkeiten und Gasen bestehen beträchtliche Verschiedenheiten. Trotzdem wird der gemeinsame Ausdruck „Ion" zu ihrer Bezeichnung allgemein angewandt. Bei Gasen wird nun die kleinste negative Partikel manchmal negatives Korpuskel, Elektron, Elektron-Ion, oder negatives Ion genannt. Für die Fachleute, die die Fortschritte der Wissenschaft Schritt für Schritt verfolgt haben, bietet der Mangel an Genauigkeit und das Nichtvorhandensein einer Verständigung für den Sprachgebrauch keine besonders großen Schwierigkeiten; der kundige Leser findet leicht in jedem einzelnen Fall den Sinn, den er den Worten beizumessen hat. Für den Anfänger stellt diese Abweichung jedoch eine Quelle der Verwirrung dar, die neue Schwierigkeiten schafft. Das Organisationskomitee des internationalen Kongresses für Radiologie und Ionisation hat es für wünschenswert gehalten, diese Gelegenheit dazu zu benutzen, einen Meinungsaustausch über die auf Ionisierungserscheinungen bezügliche Terminologie zu veranlassen. Zu dem Zwecke einer Diskussion hat es mich ersucht, eine vorbereitende Arbeit anzufertigen; es erschien mir daher genügend, einige persönliche Bemerkungen über den Gegenstand vorzulegen und dem Kongreß die Hauptaufgabe zu überlassen.

Die Terminologie besitzt eine erhebliche Bedeutung für die Entwicklung der Wissenschaften, und eine Beschäftigung mit ihr ist daher nicht überflüssig. Für diejenigen, welche von dieser Wahrheit nicht überzeugt sein sollten, möchte ich die Meinung zweier Männer anführen, die der Zeit und der Sondernatur ihrer Kenntnisse nach weit auseinander stehen, nämlich Lavoisier und Poincaré. In der Vorrede zu seinem Lehrbuch der Chemie drückt sich Lavoisier folgendermaßen aus:

„Jede Naturwissenschaft besteht notwendigerweise aus drei Dingen, nämlich der die Wissenschaft darstellenden Reihe von Tatsachen, den an sie erinnernden Begriffen und den sie ausdrückenden Worten. Das Wort muß den Begriff hervorrufen, der Begriff die Tatsache darstellen. Es sind drei Eindrücke eines und desselben Siegels, und da die Worte die Begriffe erhalten und übertragen, so folgt hieraus, daß man die Sprache nicht vervollkommnen kann, ohne die Wissenschaft zu vervollkommnen und die Wissenschaft nicht ohne eine Vervollkommnung der Sprache, und daß sie, wie auch die Tatsachen beschaffen sein und wie wichtig auch die von ihnen erzeugten Begriffe sein mögen, immer noch falsche Eindrücke übertragen würden, wenn wir keine genauen Ausdrücke zu ihrer Wiedergabe besäßen."

In einem neueren Buche versichert Poincaré in weniger abstrakter, aber nicht weniger beredter Form die Wichtigkeit der Wahl der Worte in der Physik. „Eine wohlgebildete Sprache ist nicht gleichgültig; um das Gebiet der Physik nicht zu verlassen, will ich nur erwähnen, daß der unbekannte Mann, der das Wort „Wärme" erfunden hat, Generationen dem Irrtum anheimgegeben hat. Man hat einfach deswegen die Wärme als Substanz behandelt, weil sie durch ein Substantiv bezeichnet wurde und hat sie für unzerstörbar gehalten. Derjenige, der das Wort „Elektrizität" geschaffen hat, hat hingegen das unverdiente Glück gehabt, die Physik indirekt mit einem neuen Gesetz zu beschenken, dem der Erhaltung der Elektrizität, das durch bloßen Zufall sich wenigstens bis zur Gegenwart als wahr erwiesen hat."

Diese Beispiele genügen meines Erachtens zum Beweise der Wichtigkeit, die die Bildung der wissenschaftlichen Sprache besitzt; leider ist die Wahl der Worte oft in einem gegebenen Augenblick durch die Umstände und durch oberflächliche Analogien bestimmt. Wenn man später beim Fortgang der Wissenschaft die Fehler der Sprache bemerkt, wird es um so schwieriger sein, ihnen abzuhelfen, je länger dieser Zustand gedauert hat. Die Untersuchung der Ionisierungserscheinungen an Gasen ist nun eine verhältnismäßig junge Wissenschaft und deswegen ist es angebracht, in dieser Beziehung nachzusehen, ob die hierauf bezügliche Terminologie nicht gewissen Einwänden ausgesetzt ist.

Faraday war der erste, der das Wort „Ion" für Elektrolyte angewandt hat; er hat sogar die positiven und negativen Teilchen durch die Ausdrücke Kation und Anion unterschieden.

Seit Faraday haben geschickte Forscher und bedeutende Gelehrte sich mit der Untersuchung der Elektrolyte beschäftigt und hat die Theorie der Lösungen auch große Fortschritte gemacht. Auf dem festen Untergrund der Erfahrung und der Thermodynamik hat die Theorie der elektrolytischen Dissoziation einen Grad der Sicherheit erreicht, welcher der der Atomtheorie gleichkommt. Sie hat uns die Ionen kennen gelernt; es sind dies Atome, die eine bestimmte elektrische Ladung tragen, die je nach dem Werte des Atoms den doppelten oder mehrfachen Wert annehmen kann. Die Maße und die Dimensionen der Ionen sind dieselben wie die der Atome. Dies sind wesentliche Eigenschaften. Ebenso steht es mit anderen sekundären Charakteren, wie z. B. der Farbe in ihrer Beziehung zur Ladung und der Beweglichkeit, die von der Temperatur und von dem Medium abhängt.

Vom chemischen Gesichtspunkt aus ist es überreichlich bewiesen worden, daß zwischen der Leitfähigkeit der Lösungen und ihrer chemischen Aktivität ein enger Parallelismus besteht, daß, mit anderen Worten, die Ionen eine aktive vorherrschende Rolle bei Reaktionen spielen.

Wir wollen nun zusehen, ob wir vom physikalischen und chemischen Gesichtspunkt aus mit demselben Worte Ion die in Gasen und in Flüssigkeiten Elektrizität tragenden Teilchen bezeichnen können, ohne die Identifizierung von wesentlich verschiedenen und nur eine oberflächliche Analogie zeigenden Dingen fürchten zu müssen.

Ein Umstand fällt zu allernächst auf: Wenn sie gewissen Einflüssen unterworfen werden, wie z. B. der Wirkung von Wärme, Licht, Elektrizität, X-Strahlen oder radioaktiven Substanzen, so können einfache Gase Elektrizität leiten. Von den Elektrolyten haben nur binäre Verbindungen diese Eigenschaft; sie besitzen sie spontan, in Anbetracht des bloßen Umstandes, daß sie gelöst sind. Welches sind aber die Ionen eines einfachen Gases, z. B. Chlor? Es gibt negative und positive. Bei dem Hören des Wortes „Ion" wird der, der nach dem Studium der Elektrolyte an das der Leitfähigkeit der Gase geht, es wenigstens erwarten, ähnliche Teilchen anzutreffen. Eine erste Schwierigkeit bietet sich nun dar. Wie kann man von einem positiven Chlorion sprechen, wo doch die Theorie der Elektrolyte lehrt, daß die Elemente des Chlors stets negativ sind. Besteht Identität zwischen dem elektrolytischen Ion und der negativen Gaspartikel? Durchaus nicht; letzteres besitzt eine veränderliche Masse und veränderliche Dimensionen, die manchmal weit kleiner als die des Wasserstoffatoms sind. Ist bei den binären Verbindungen die Anwendung des Wortes Ion eher gerechtfertigt? Ist bei gasförmiger Salzsäure das negative Ion Chlor und das positive Wasserstoff? In diesem Falle lehrt uns gleichfalls die Erfahrung, daß elektrisierte Teilchen im allgemeinen vom Atom verschieden sind. Außerdem bietet die Erscheinung der Überführung von Materie nach den Elektroden, die unter dem Namen Elektrolyse bekannt und für Flüssigkeiten charakteristisch ist, bei den Gasen eine solche Kompliziertheit und solche Unregelmäßigkeiten, daß man sie nicht logischerweise Elektrolyse nennen kann. Von diesem Gesichtspunkte aus trägt die Anwendung des Wortes Ion zur Bezeichnung der fortgeführten Teilchen dazu bei, bei dem Anfänger Verwirrung und Zweifel zu säen.

Wenn die elektrolytischen und gasförmigen Ionen ihren wesentlichen physikalischen Eigenschaften nach sehr verschieden sind, so sind sie es nicht weniger vom Gesichtspunkt ihrer chemischen Wirksamkeit aus. Eine Mischung von Wasserstoff und Sauerstoff, von Wasserstoff und Chlor kann, wenn sie in geeigneten Verhältnissen vorgenommen wird, explodieren, aber in diesem Falle gibt es eine plötzliche und schnelle Verbindung der Elemente untereinander. Die Zahl der auf diese Weise in einem gegebenen Augenblick freiwerdenden Atome ist sehr beträchtlich; wenn man jedoch in diesem Augenblick die elektrische Leitfähigkeit mißt, so findet man, daß sie im Verhältnis schwach ist; es besteht kaum ein Parallelismus zwischen der beträchtlichen Reaktionsenergie und der Anzahl Ionen; sie sind also von dem chemischen Atom verschieden. Die kleine Anzahl, deren Anwesenheit man festgestellt hat, rührt zweifellos von den von dem Molekulargebäude durch die Gewalt der Reaktion losgemachten Bruchstücken her. Diese Hypothesen werden durch folgende Tatsachen bekräftigt: Die elektrische Leitfähigkeit des Gemenges Chlor + Wasserstoff ist gleich Null, selbst während der allmählichen Verbindung dieser Gase, die unter dem Einfluß des Lichtes stattfindet. Schließlich kann die eben erwähnte Verbindung sich bereits unter dem Einfluß schwachen Lichtes vollziehen und tritt andererseits unter dem Einfluß der X-Strahlen kaum auf; in diesem Falle sind jedoch die Gase stark ionisiert.

Die drei ebenerwähnten Versuche beweisen, daß das Gasion von der bei Reaktionen wirksamen Partikel, d. h. von dem Atom, verschieden ist. Deswegen spielen bei Gasen, im Gegensatz zu den Elektrolyten, die elektrisierten Teilchen nur eine sekundäre Rolle bei chemischen Verbindungen. Diese Rolle ist jedoch nicht stets absolut gleich Null. Bekanntlich kann man vermittels elektrischer Glimmentladungen Ozon erzeugen, die Synthese von Am-

moniak und ebenso die der Stickstoffoxyde bewirken und Stickstoff und Wasserstoff an organische Substanzen binden. Aber bei allen diesen Reaktionen, die man manchmal mit anderen Mitteln nur schwer erzielen kann, ist das Ergebnis gering im Vergleich zu der aufgewandten Energie; es scheint wirklich, als ob von den in großer Menge erzeugten elektrisierten Teilchen nur eine minimale Menge fähig wäre, in eine Verbindung einzutreten. Demnach kann man vom chemischen und ebenso vom physikalischen Gesichtspunkt aus elektrisierte Teilchen von Elektrolyten und von Gasen nicht miteinander identifizieren. Die erstgenannten sind sicherlich identisch mit dem chemischen Atom und die letzteren im allgemeinen von ihm erheblich verschieden. Aber ist es dann nicht ein Fehler, sie mit demselben Namen Ion zu bezeichnen? Würde es nicht vorzuziehen sein, einen anderen Ausdruck zu wählen?

Bevor wir diese Frage endgültig lösen, ist es angebracht, zu untersuchen, ob die gemeinsame Bezeichnung Ion für jede elektrisierte Partikel nicht gewisse Vorteile bietet. Der mir am plausibelsten erscheinende ist folgender: es wäre sicherlich ein Fortschritt, wenn man dazu käme, einen gemeinsamen Ursprung für elektrolytische und Gasionen zu finden. Die Anwendung eines einzigen Ausdruckes bereitet den Geist dazu vor, ein Verwandtschaftsband zwischen allen Ionen anzunehmen und regt ihn dazu an, nach ihm zu forschen. Fassen wir die Dinge so günstig wie möglich auf und nehmen wir an, daß die in dieser Richtung unternommenen Bemühungen von Erfolg gekrönt werden; die Unterschiede, die zwischen den hauptsächlichsten Eigenschaften, wie z. B. Masse und Dimensionen festgestellt worden sind, werden trotzdem noch weiter fortbestehen, und die Anwendung einer anderen Bezeichnung wird ebenso gerechtfertigt sein, wie die Benutzung der Worte Atom und Moleküle zur Unterscheidung verschiedener Massen derselben Materie.

Wenn wir dies zugeben, so bleibt uns noch die Aufgabe, eine geeignete Terminologie zu finden. Das beste, was man zur Lösung dieser Aufgabe tun könnte, wäre, dem Beispiel Lavoisiers zu folgen und Worte zu wählen, die soweit wie möglich den Ursprung und die Eigenschaften der Dinge angeben. Man nimmt im allgemeinen an, daß die elektrische Leitfähigkeit der Gase die Folge mehr oder weniger tiefgehender Auflösung des Molekulargebäudes ist. Unter der Einwirkung der physikalischen Faktoren, von denen die Rede gewesen ist, oder unter der Einwirkung des Ionenstoßes, löst sich ein elementares Teilchen, der kleinste Betrag negativer Elektrizität, von den Molekülen los; man nennt es oft Elektron, und dieser Name hat den Vorteil, kürzer zu sein, als der Name „negatives Korpuskel". Wir wollen ihn daher beibehalten und die Anwendung des Wortes Ion sorgfältig vermeiden. Gewisse Verfasser beschränken die Verwendung des Wortes Elektron auf die elementare Partikel, solange sie an das Molekül geheftet bleibt, und nennen sie Elektron-Ion, wenn sie frei wird. Auf den ersten Blick sehe ich nicht die Notwendigkeit dieser Verwicklung ein; es scheint mir, daß die Partikel ganz unabhängig von ihrer Beweglichkeit, trotzdem noch ein Elektron bleibt, ganz ebenso, wie ein Wasserstoff- oder Chloratom, ob es sich von dem Molekül losgemacht hat oder nicht, nichtsdestoweniger ein Wasserstoff- oder Chloratom bleibt.

Rings um das negative Elektron können sich neutrale Massen anheften. Das negative Ion wird auf diese Weise gebildet; man könnte es „negatives Elektrion" nennen. Aus denselben Gründen könnte die positive Partikel, die durch den Fortgang eines oder mehrerer Elektronen der Moleküle entsteht, „positives Elektrion" oder einfach „Elektrion" genannt werden. Diese Worte haben den Vorteil der Kürze; sie stellen den Unterschied zwischen den elektrisierten Teilchen von Gasen und von Elektrolyten her und erinnern an die Rolle, die die Elektronen bei der Entstehung dieser Teilchen gespielt haben.

Ich glaube dargetan zu haben, daß man die Anwendung des Wortes Ion zur Bezeichnung der elektrisierten Teilchen eines Gases vermeiden muß. Was die Wahl des Wortes Elektrion zu deren Bezeichnung anbelangt, so liegt mir nicht besonders daran, und ich wäre bereit, auch irgendwelche andere Bezeichnung anzunehmen, die mir vorteilhafter erschiene.

In dieser Hinsicht wäre es vielleicht angebracht, eine Art Referendum in einigen bedeutenden Zeitschriften zu veranstalten, wobei die an der Frage interessierten Forscher ihre Anschauung bekannt geben würden.

(Aus dem Französischen übersetzt von A. Gradenwitz.)

(Eingegangen 23. September 1905.)

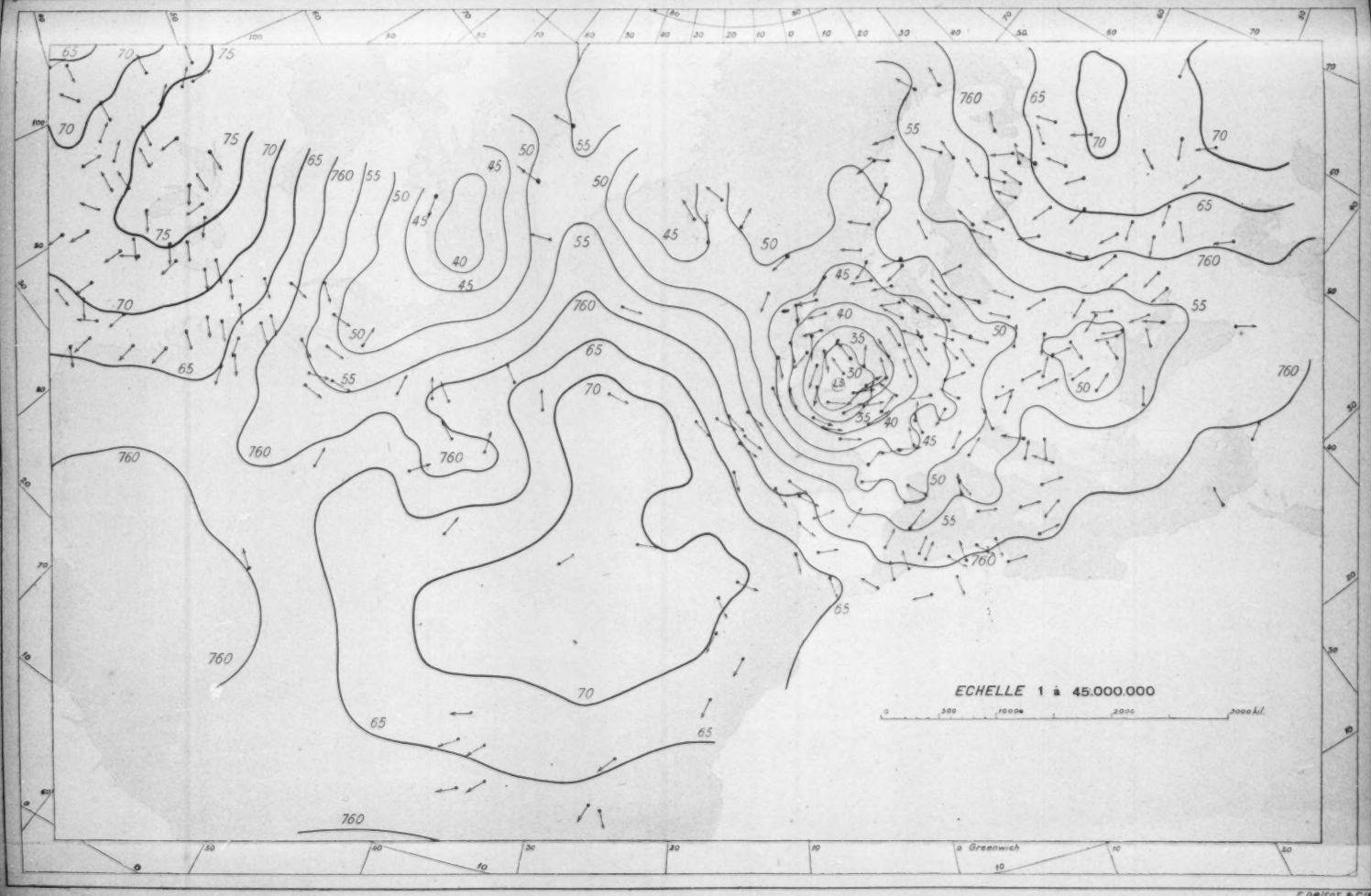
Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Habilitiert: an der Technischen Hochschule Charlottenburg Dr. R. v. Koch für Elektrotechnik, an der Technischen Hochschule Stuttgart Dr. E. Stühler für Mathematik, an der Technischen Hochschule Karlsruhe Dr. Georg Faber für Mathematik und darstellende Geometrie.

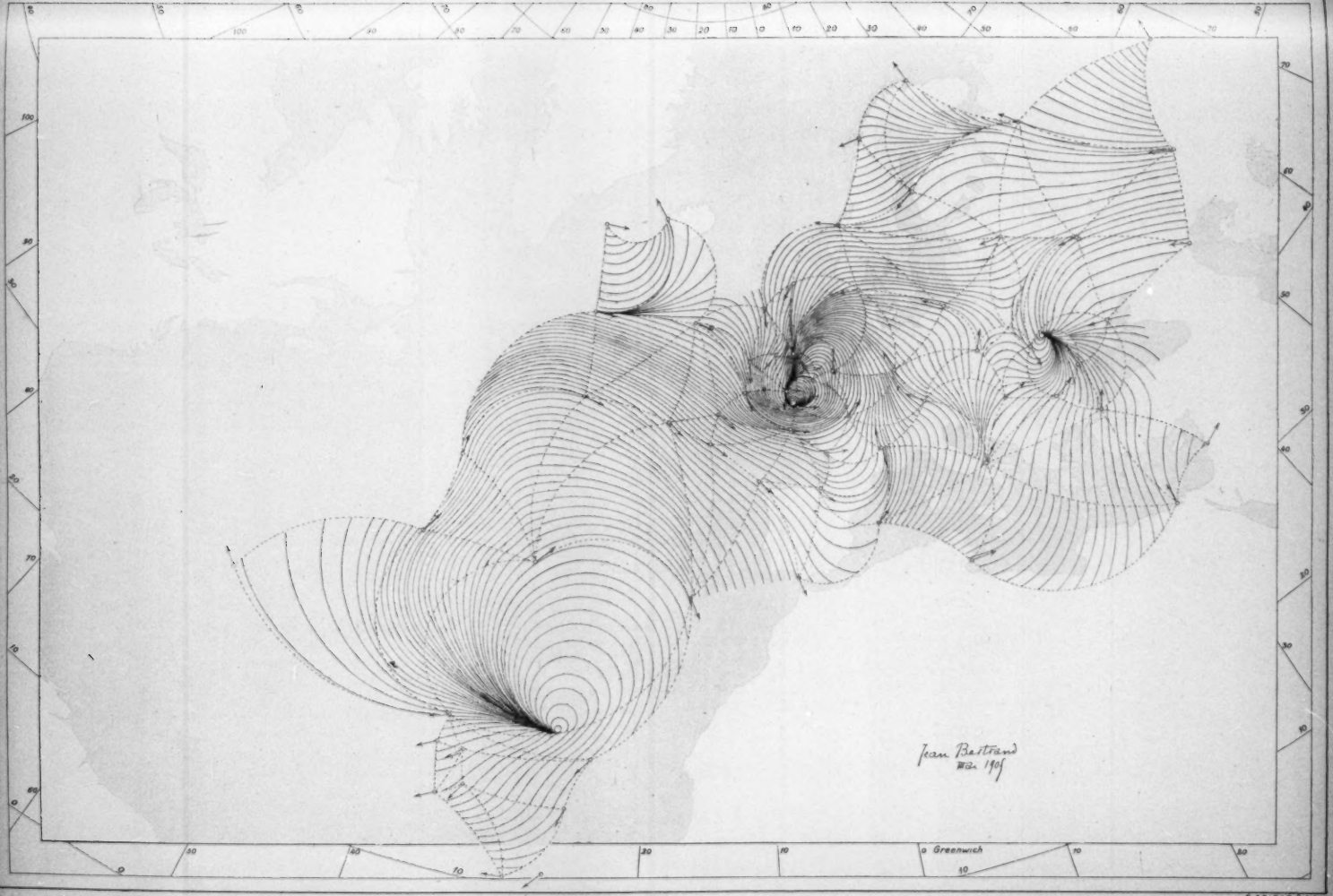
Gestorben: Hofrat Dr. Otto Stolz, o. Professor der Mathematik an der Universität Innsbruck.

Für die Redaktion verantwortlich Privatdozent Dr. Emil Bose in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.



Tafel I: Karte des Luftdruckes, 16. Okt. 1886.

Nach den täglichen synoptischen Wetterkarten des Dänischen Meteorologischen Instituts und der Deutschen Seewarte.



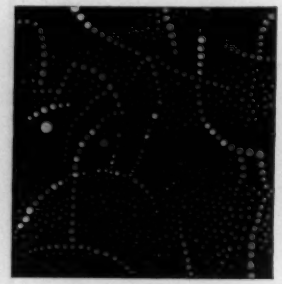
Tafel II. Windkarte.

Maßstab: 1:45000000.

Steinsalzfärbungen durch ultramikroskopische Natrium-Teilchen.

Vergrösserung 1000fach.

Die Rahmen der Bilder sind nach den Würfelkanten orientirt.

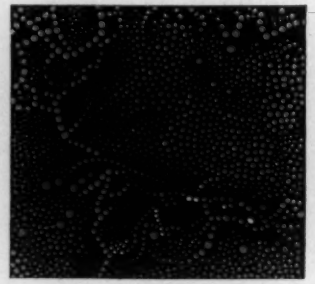


Figur 1.

Durch Erhitzen mit Na-Dampf in verdünnter H-Athmosphäre

künstlich gefärbt.

Färbung im durchfallenden Lichte **blau** an den Stellen, wo im Bilde die rostbraunen Beugungsscheiben vorhanden sind, im übrigen **gelb.**



Figur 2.

Behandelt wie 1. Nach dem Abkühlen noch einmal auf ca. 500° erhitzt und schnell gekühlt.

künstlich umgefärbt.

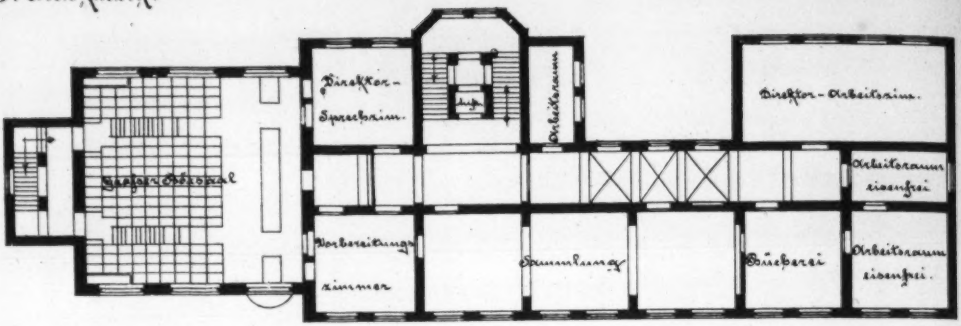
Färbung im durchfallenden Licht ursprünglich wie 1. nach dem nachträglichen Erhitzen und Abkühlen tief violett. Aus den wolkenförmig angeordneten, ursprünglich rostbraunen Teilchen sind grüne Teilchen entstanden, welche rot färben; die mehr kettenförmig angeordneten vorwiegend rostbraunen Teilchen färben für sich blau.

Figur 3.

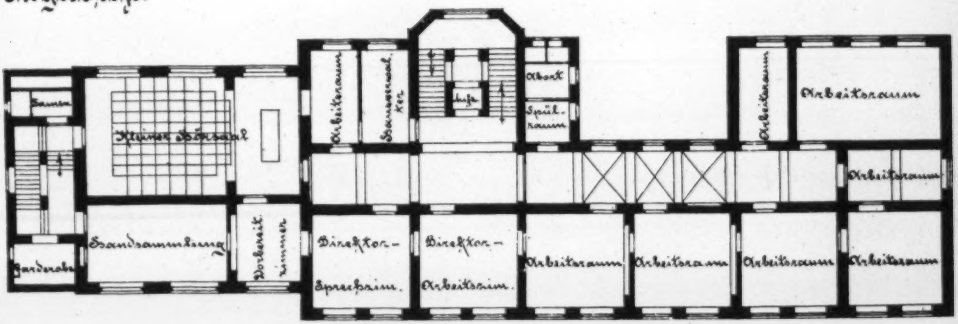
Natürlich gefärbtes Steinsalz, bereits teilweise ausgelaugt.

Zeigt im durchfallenden Licht blaue Streifen nach den Diagonalen; die dazwischen liegenden Partien erscheinen teils farblos, teils bläulich.

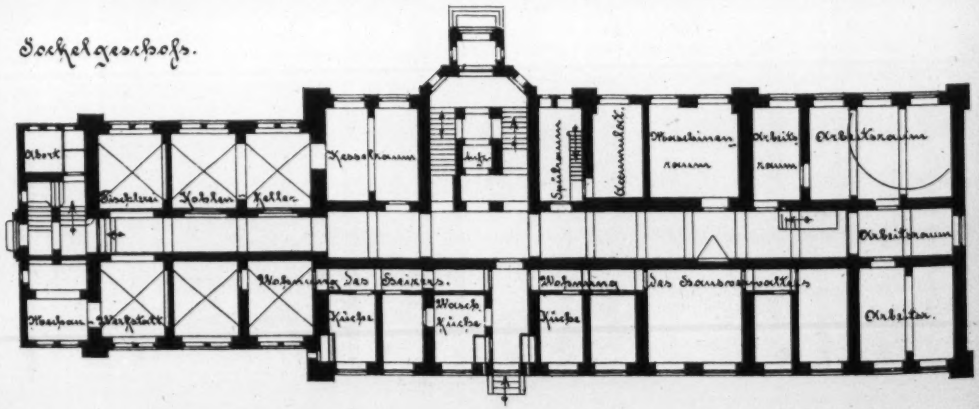
I. Stockwerk.



Erdgeschoss.

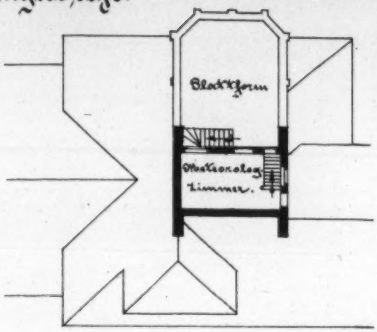


Sockelgeschoss.

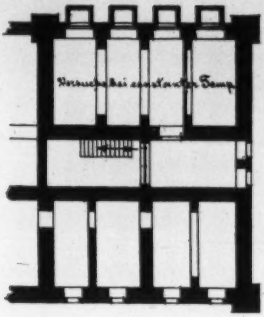


Das neue Physikalische Institut der Universität Göttingen.

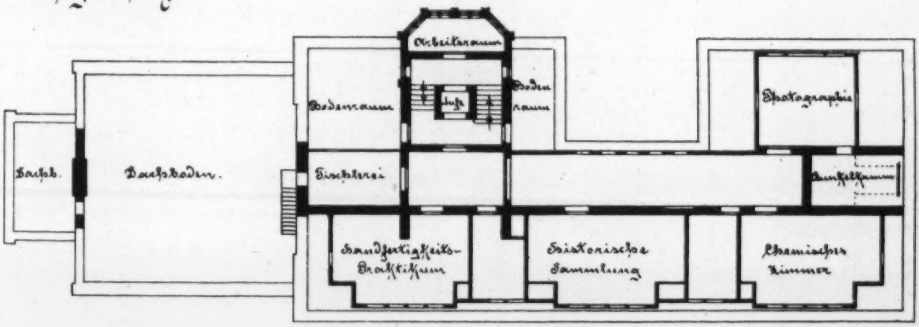
Turmgeschoss.



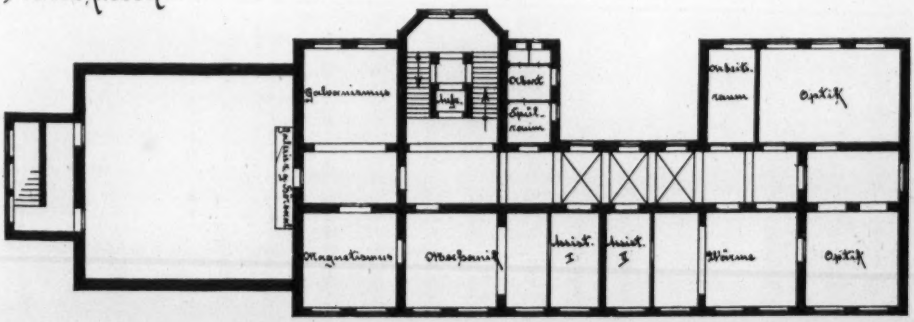
Kellergeschoss.



Dachgeschoss.



I. Stockwerk.



Das neue Physikalische Institut der Universität Göttingen.

Photolith. Julius Klinkhardt, Leipzig.

lag Kl-Leipzig.

Schaltungsschema für das Physika

Die gesamte elektrische Anlage wurde von der Elektrizitätsgesellschaft

Zeichenerklärung.

- Amperemeter.
- Anschlussklemmbrett.
- Einpol. Hebelausschalter.
- Voltmeter.
- Sicherung.
- Voltmeterumschalter.
- Kurbelrheostat.
- Minimalausschalter.
- Maximalausschalter.
- Doppelpol. Hebelumschalter.
- Accumulatoren.

I. Stock.

Local-Batterie C und

Gruppe II

Gruppe I

Seitenflügel.

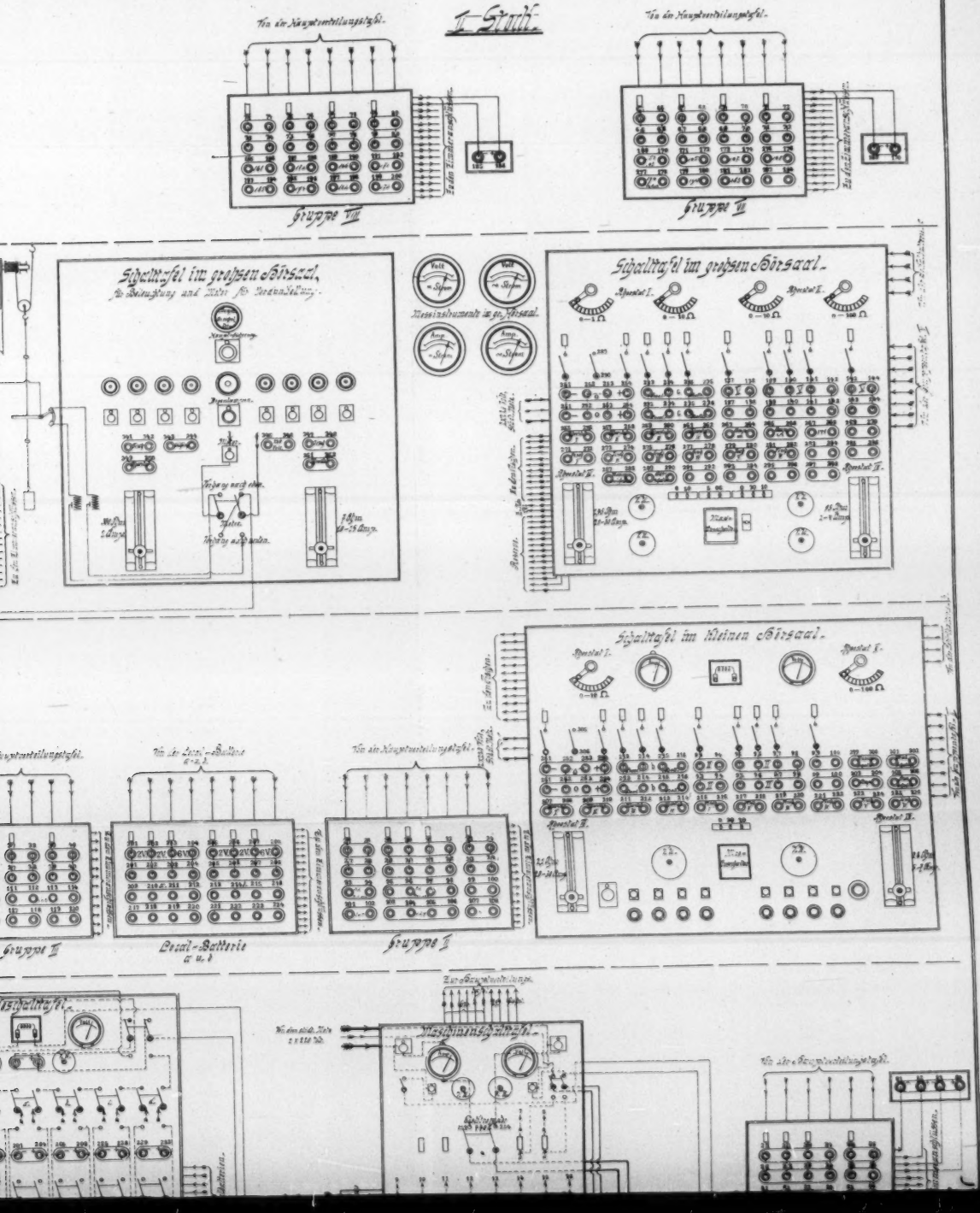
Gruppe II

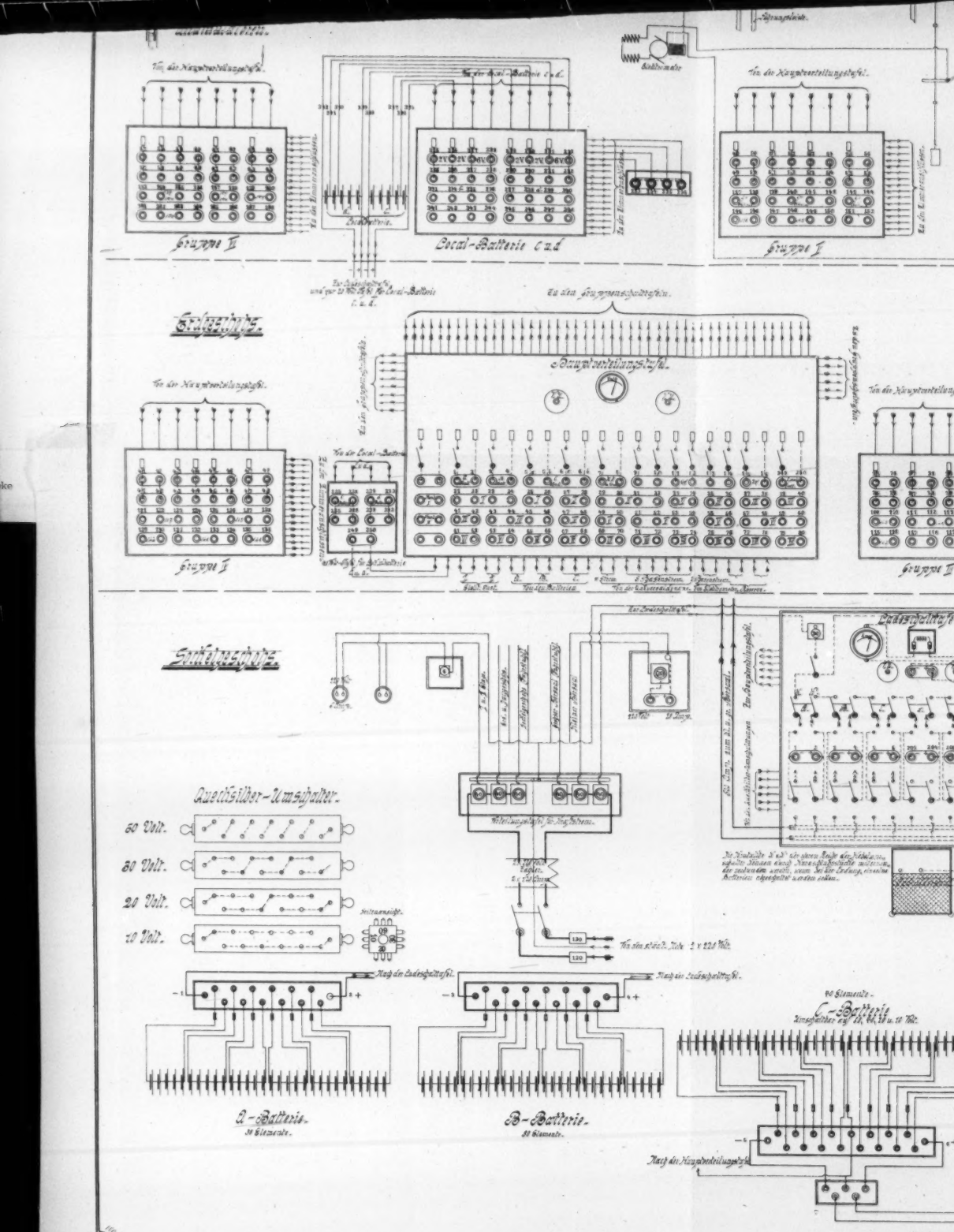
Gruppe II

Schaltungsschema.

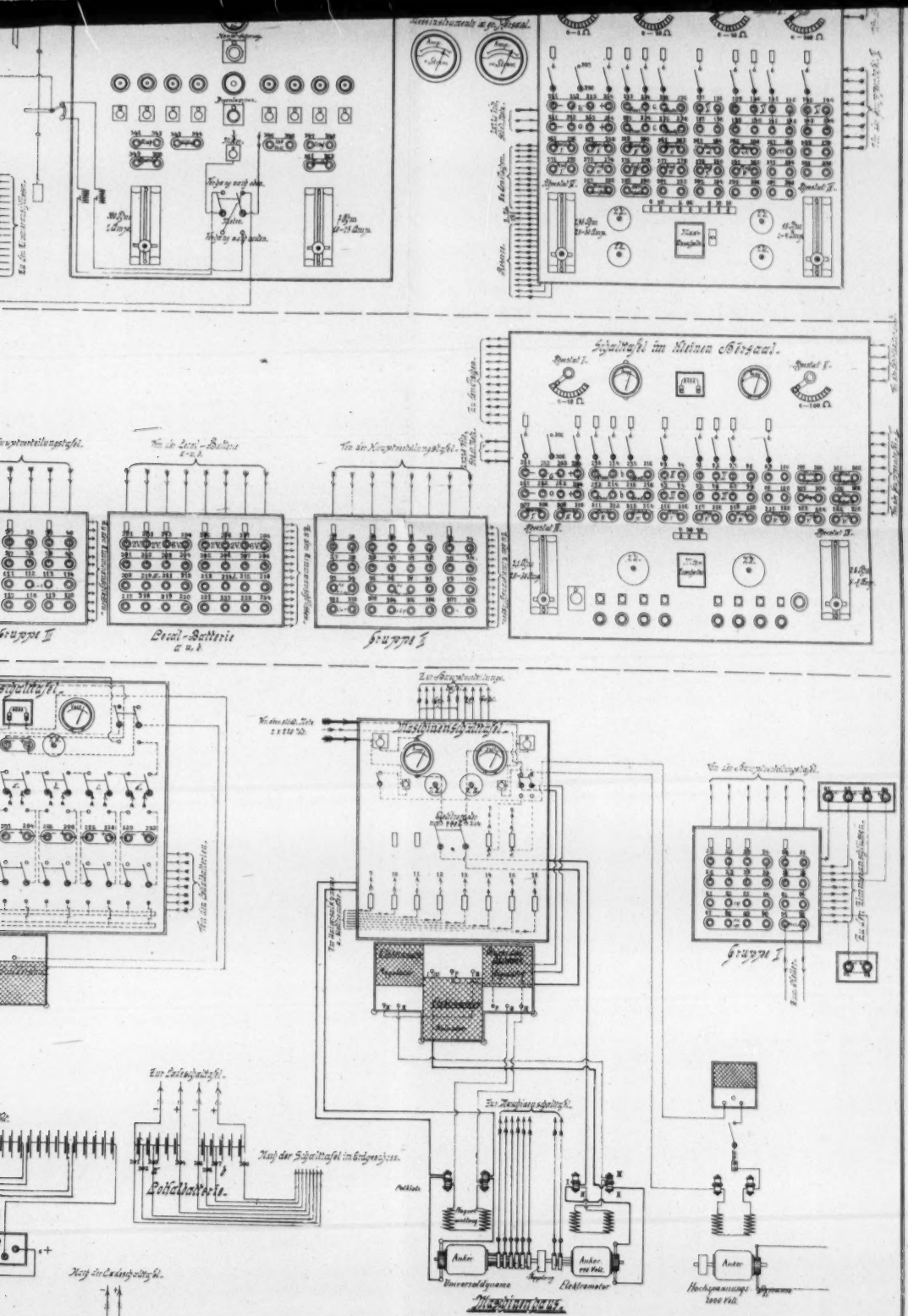
…thalische Institut zu Göttingen.

…schaft Gebr. Ruhstrat Göttingen ausgeführt.



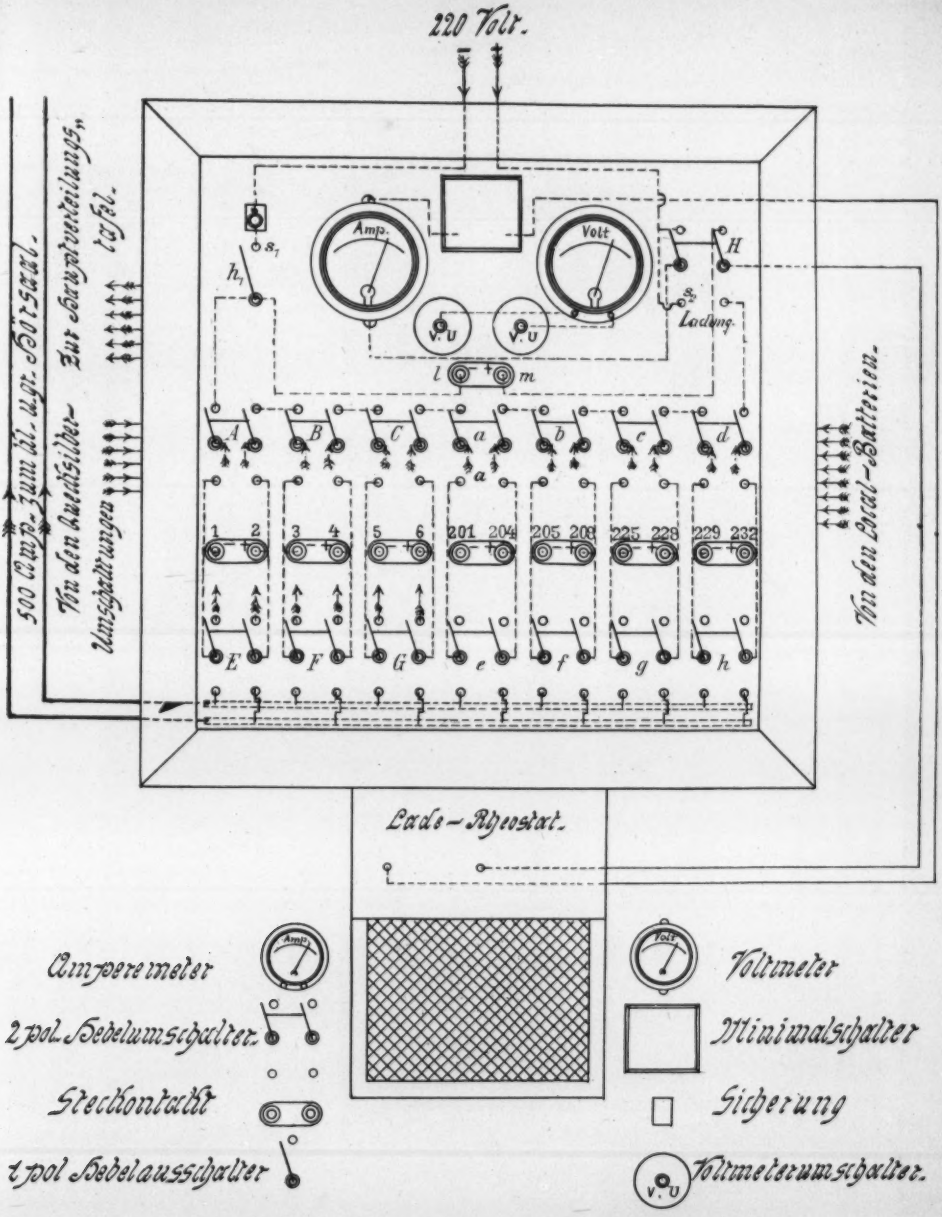


Verlag von S. Hirzel



S. Hirzel-Leipzig.

Photolith. Julius Klinkhardt, Leipzig



Schaltungsschema für Ladeschaltertafel.

Riecke
Photolith. Julius Klinkhardt, Leipzig
Verlag von S. Hirzel-Leipzig.